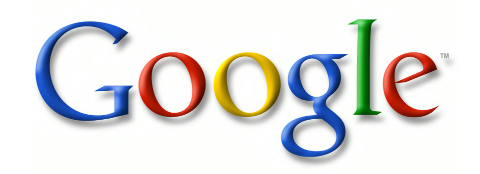
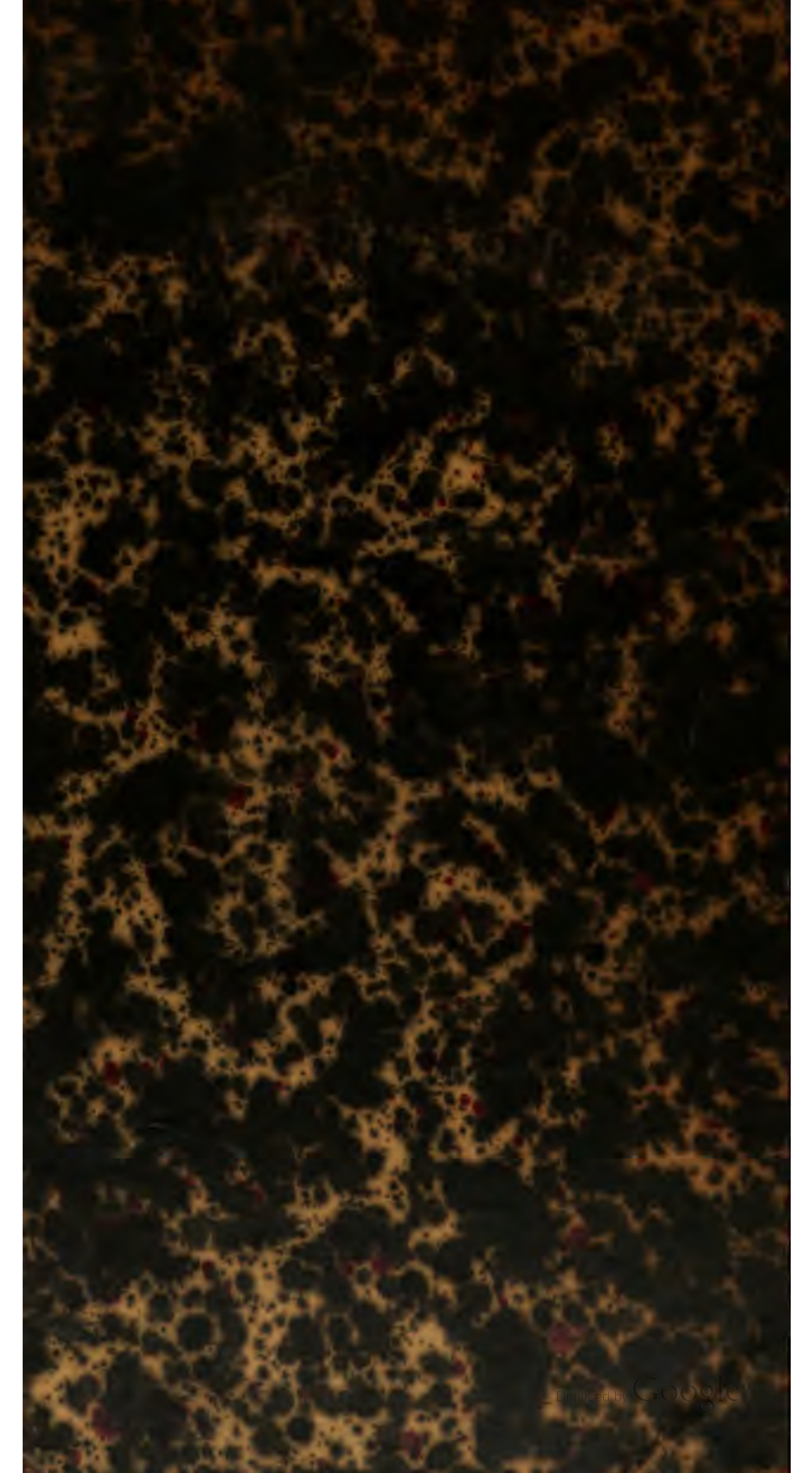
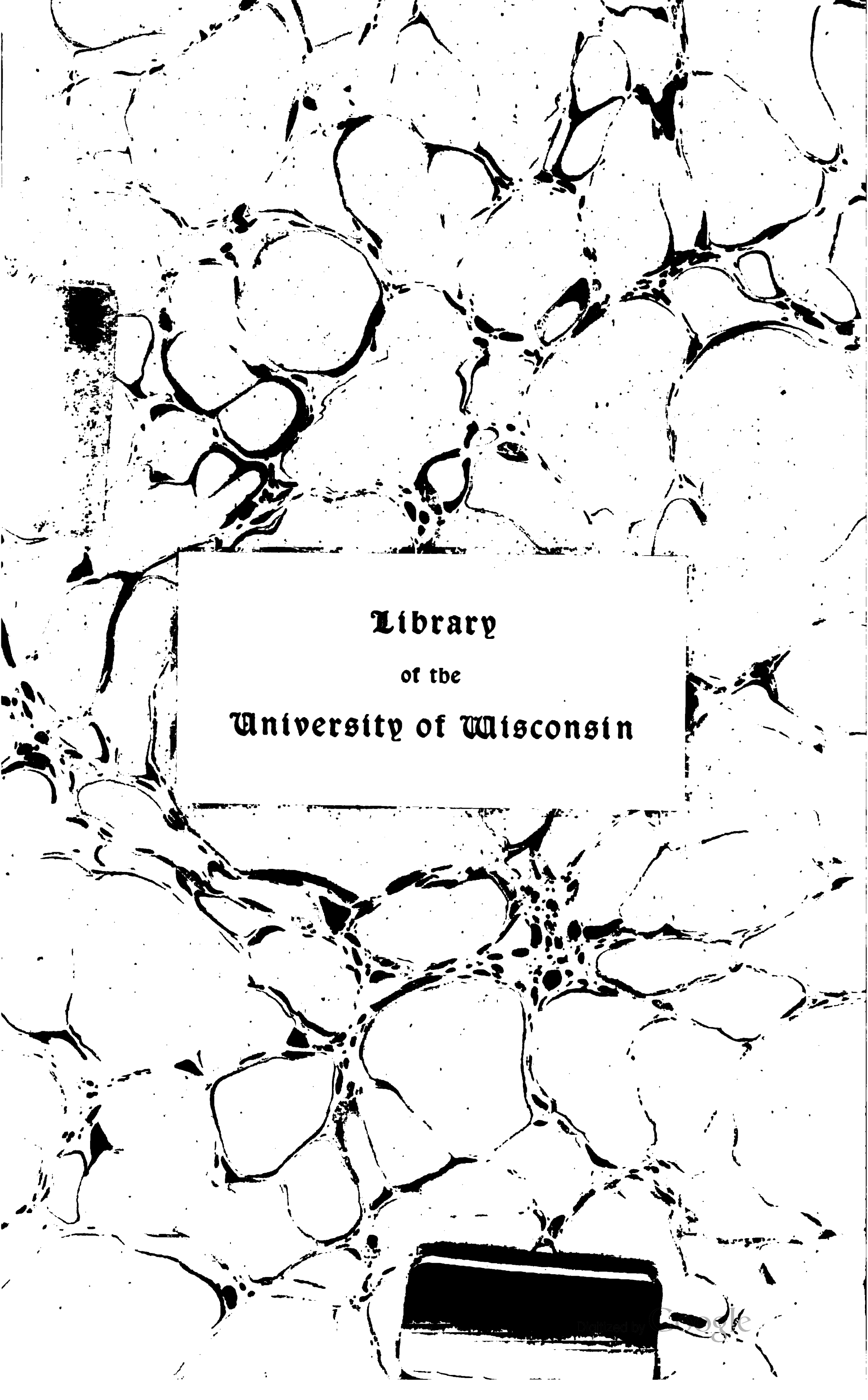
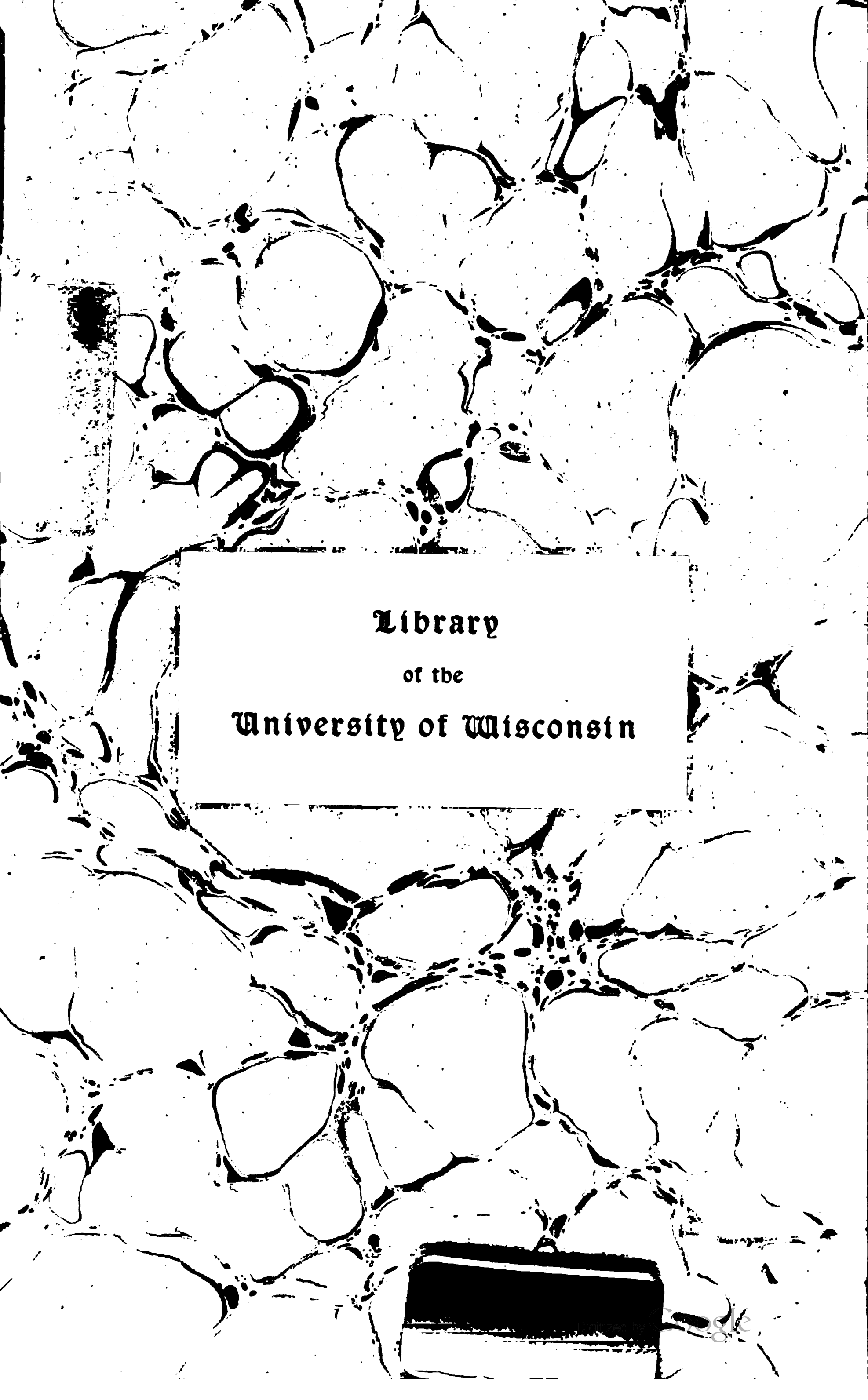
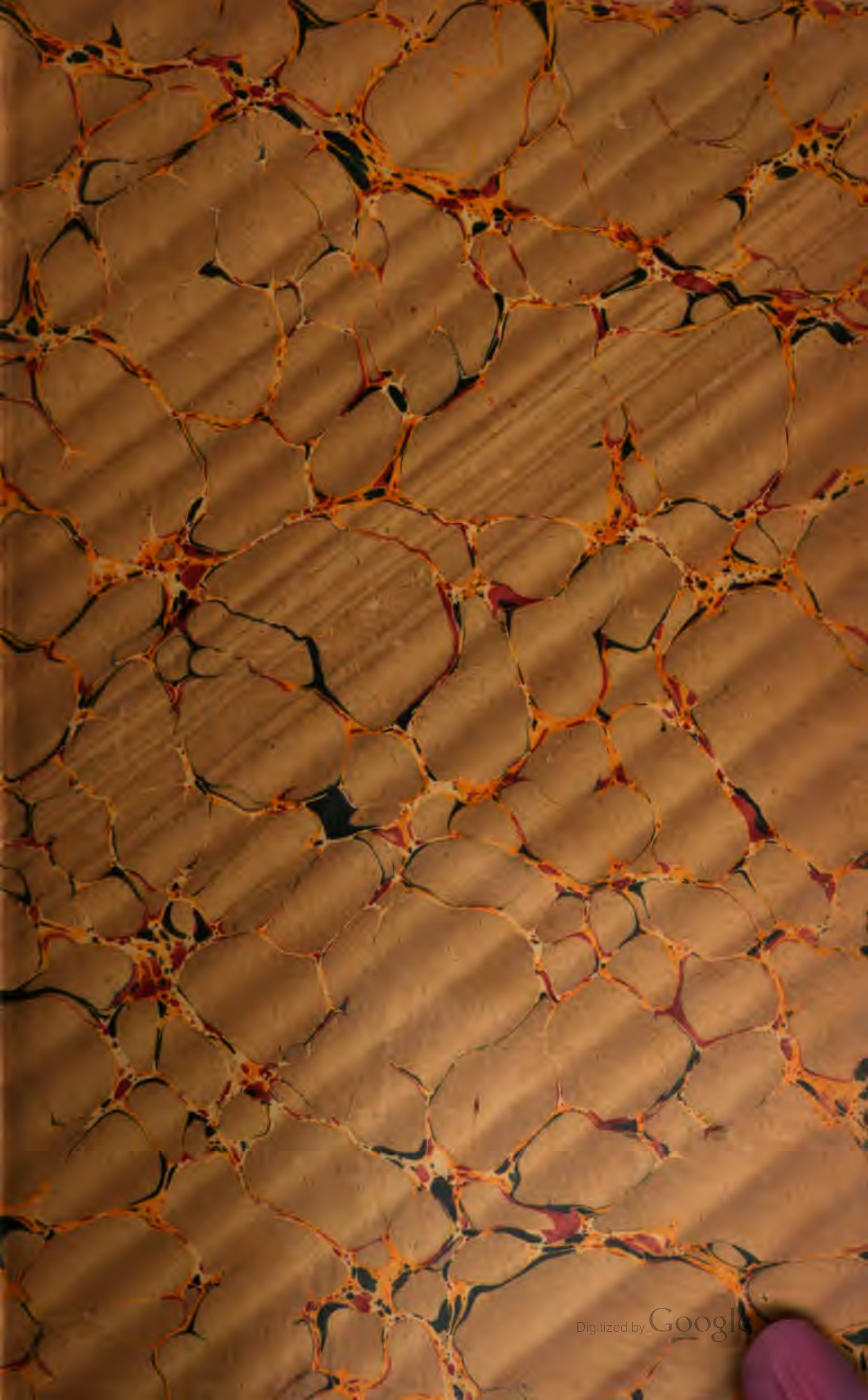


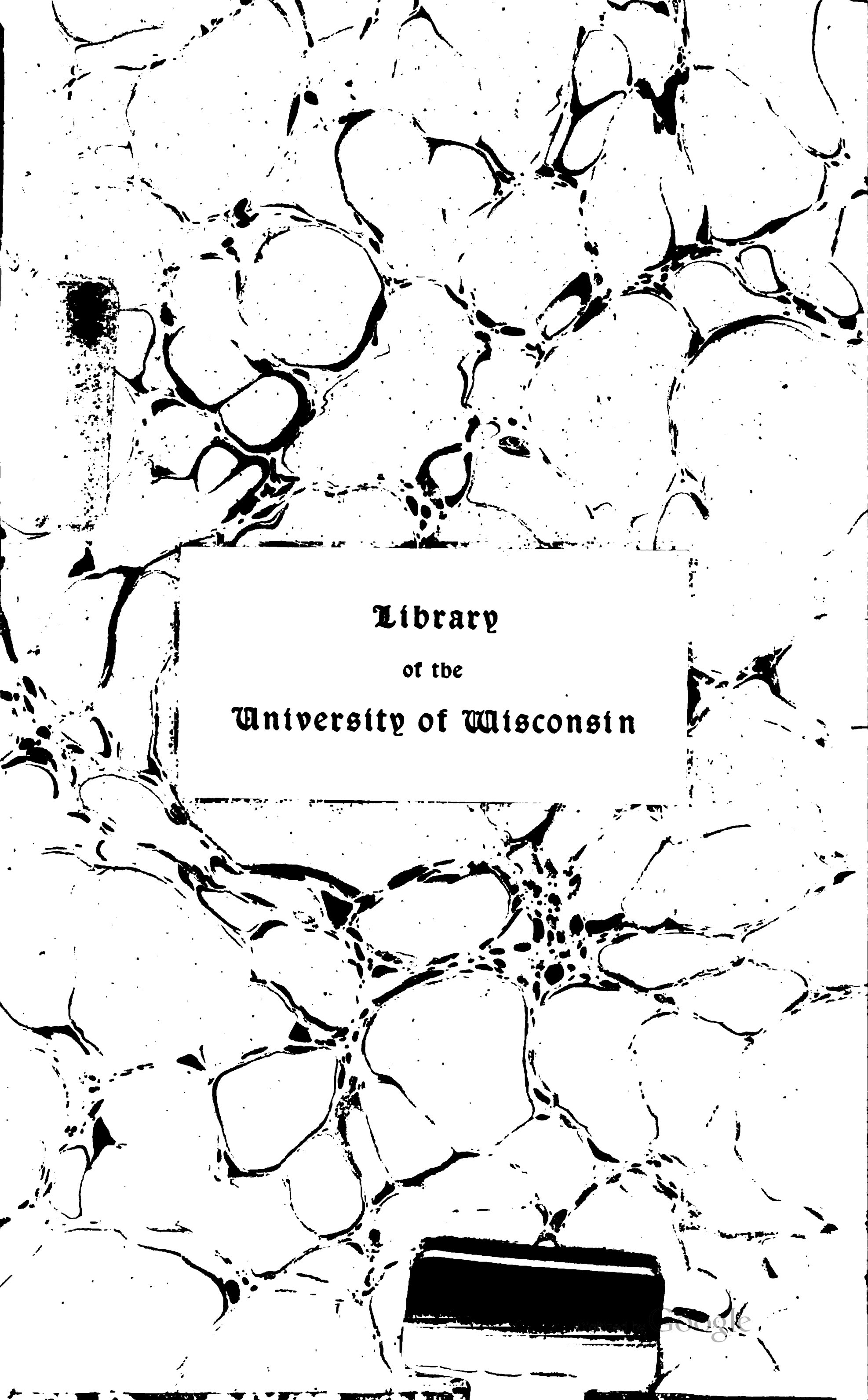



Library
of the
University of Wisconsin

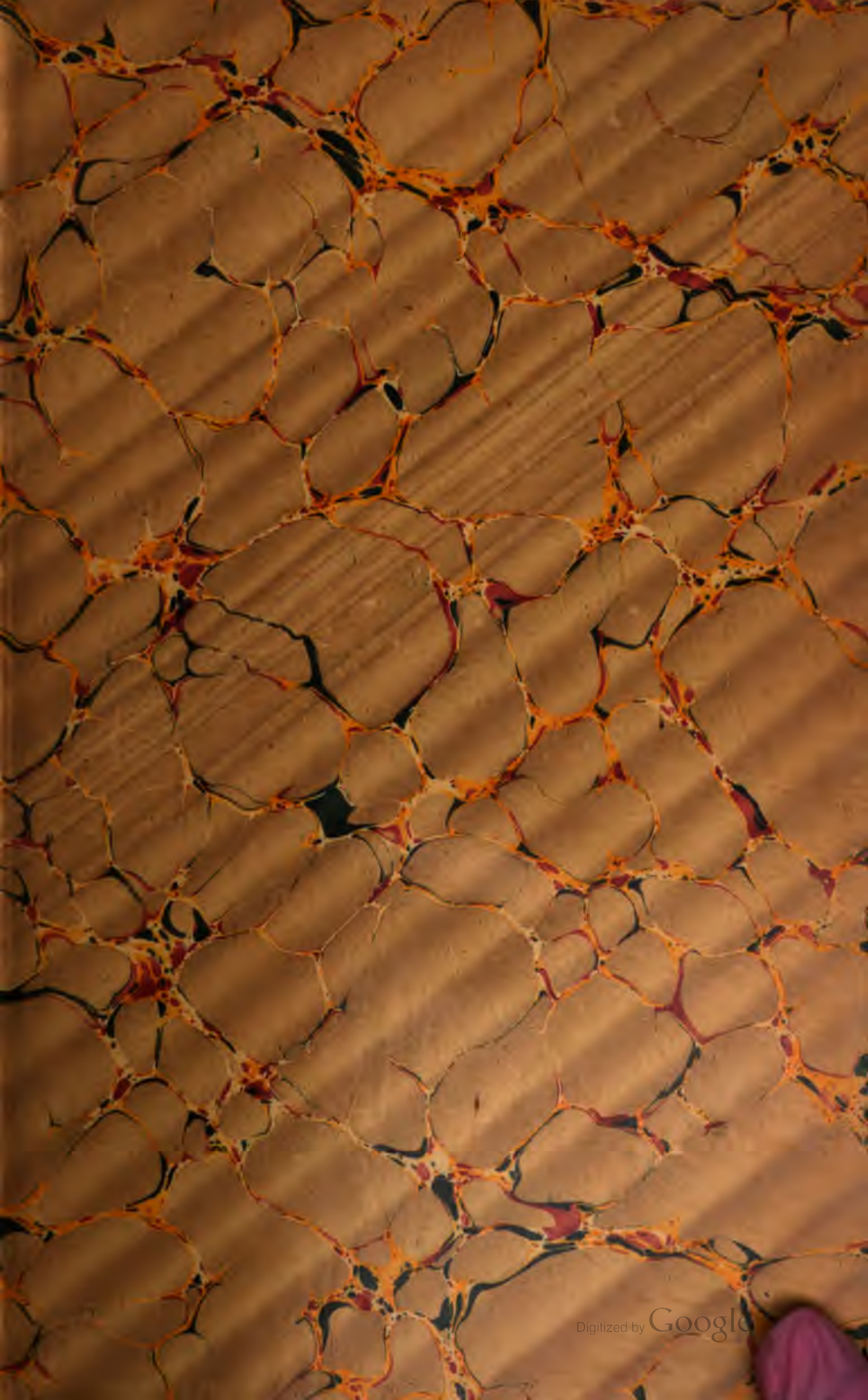



Library
of the
University of Wisconsin





Library
of the
University of Wisconsin



Les

Moteurs électriques

A COURANT CONTINU

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Électricité expérimentale et pratique, cours professé à l'École des officiers torpilleurs. Quatre volumes in-8 :

Tome Ier. — ÉTUDE GÉNÉRALE DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES ET DES LOIS QUI LES RÉGISSENT. 3e édition. 1903. Un volume de 311 pages, avec 92 figures et 3 planches. . . . . **6 fr.**

Tome II. — MESURES ÉLECTRIQUES. 2e édition. 1894. Un volume de 263 pages, avec 95 figures. . . . . **6 fr.**

Tome III. — MACHINES ÉLECTRIQUES, PILES ET ACCUMULATEURS. 2e édition. 1894. Un volume de 300 pages, avec 119 figures. . **6 fr.**

Tome IV. — APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ. 3e édition. 1903. Un volume de 513 pages, avec 119 figures. . . . . **8 fr.**

Les Moteurs électriques à courant continu. 3e édition.

Tome Ier. — FONCTIONNEMENT ET MANŒUVRE. 1905. Un volume in-8 de 358 pages, avec 47 figures, broché . . . . **6 fr.**

Tome II. — APPLICATIONS DES ÉLECTROMOTEURS A BORD DES NAVIRES DE GUERRE. 1906. Un volume in-8 de 552 pages, avec 144 figures, broché. . . . . **8 fr.**

Cours élémentaire d'Électricité pratique. 4e édition. 1901. Un volume in-8 de 552 pages, avec 201 figures, broché. . . **7 fr. 50**

Tous ces ouvrages ont été couronnés par l'Académie des sciences.

BIBLIOTHÈQUE DU MARIN

Les

Moteurs électriques

A COURANT CONTINU

PAR

H. LEBLOND

AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES

PROFESSEUR D'ÉLECTRICITÉ A L'ÉCOLE DES OFFICIERS TORPILLEURS

OUVRAGE COURONNÉ PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TROISIÈME ÉDITION

TOME II

APPLICATIONS DES ÉLECTROMOTEURS

A BORD DES NAVIRES DE GUERRE



BERGER-LEVRAULT ET C[ie], LIBRAIRES-ÉDITEURS

PARIS | NANCY

5, RUE DES BEAUX-ARTS | 18, RUE DES GLACIS

1906

AVERTISSEMENT

Ce volume est entièrement consacré à l'étude des applications des moteurs électriques à bord des navires de guerre. On y trouvera donc de très nombreuses descriptions d'appareils en service dans la marine. Toutefois, le lecteur ne doit pas s'attendre à y voir figurer *tous* les appareils; ils sont si nombreux et ils présentent une si grande variété de formes, que l'étude détaillée de chacun d'eux serait impossible en un volume. Cette étude serait d'ailleurs sans grande utilité pour ceux qui ont les appareils entre les mains, comme pour ceux qui n'auront jamais à s'en servir.

Nous nous sommes proposé, ce volume étant, comme les autres, un livre d'enseignement, d'abord de familiariser le lecteur avec les difficultés spéciales présentées par la plupart des applications électriques à bord des navires; on trouvera, en tête de plusieurs chapitres, un exposé de ces difficultés. Ensuite, pour chaque genre particulier d'applications, *ventilateurs, pompes, monte-charges, manœuvre des canons, manœuvre du gouvernail, etc.,* nous avons choisi un certain nombre d'installations réalisées, pouvant être considérées comme *types,* et permettant de bien comprendre

les voies diverses suivies pour résoudre les difficultés spéciales dont nous venons de parler.

Ces types ont été étudiés jusque dans leurs moindres détails, et nous avons insisté en particulier sur le fonctionnement et la manœuvre des appareils, indiquant les défauts aussi bien que les qualités, quand il y avait lieu. A l'étude détaillée de chaque type, nous avons joint un exposé des modifications les plus importantes dont il a été l'objet, en faisant ressortir la raison de ces modifications.

Nous croyons ainsi avoir dégagé un enseignement général de l'étude d'installations particulières et aidé le lecteur à comprendre non seulement un certain nombre d'appareils, mais *tous* les appareils qui se rattacheront aux types étudiés, la diversité des détails accessoires disparaissant devant les lignes générales communes.

Nous osons espérer que l'étude des applications des moteurs électriques à bord des navires, conduite comme nous l'avons fait, sera de quelque utilité pour les constructeurs, qui y trouveront l'indication des conditions toutes particulières dans lesquelles les appareils doivent être employés, et partant construits.

Toulon, août 1905.

Henri Leblond.

MOTEURS ÉLECTRIQUES

A COURANT CONTINU

APPLICATIONS

DES ÉLECTROMOTEURS A BORD DES NAVIRES DE GUERRE

CHAPITRE PREMIER

DIVERS MODES DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE A BORD DES NAVIRES ; AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE.

1. Emmagasinement de l'énergie mécanique à bord des navires. — A bord des navires modernes, toute puissance mécanique a pour origine primitive la combustion du charbon. Des essais ont été faits pour remplacer ce dernier par du pétrole ou d'autres hydrocarbures analogues, mais, somme toute, l'énergie mécanique est actuellement, peut-être pour longtemps encore, emmagasinée à à bord sous la forme d'un combustible. Les soutes à charbon actuelles, les soutes à pétrole de demain, renferment cette énergie mécanique à l'état latent. Pour la mettre en évidence, il faut brûler le combustible dans des foyers et produire, par exemple, au moyen de la chaleur développée, de la vapeur d'eau, dont la force élastique appliquée à une machine convenable laissera enfin disponible et utilisable l'énergie sous sa forme mécanique.

Pour en arriver là, une double transformation a dû s'opérer : production de chaleur par le combustible, c'est-à-dire transformation de son énergie chimique en énergie calorifique, et transformation en énergie mécanique de l'énergie calorifique communiquée à la vapeur d'eau.

Le combustible agissant sur l'eau, grâce à un foyer et à une chaudière appropriés, donne, en disparaissant, de la chaleur, c'est-à-dire de la vapeur d'eau, et cette dernière ne permet à la machine à vapeur où elle est utilisée de développer une puissance mécanique qu'en se refroidissant et en retournant à l'état d'eau dans le condenseur.

2. — Cette double transformation, qui ne va pas sans une perte considérable, a incité beaucoup de recherches dans le but d'obtenir une création plus économique de la puissance mécanique à bord. Leur examen est tout à fait étranger au but de cet ouvrage ; nous ne dirons ici que quelques mots sur un mode particulier de développement de l'énergie mécanique à bord, tout différent de celui que nous venons d'exposer, et qui a fait quelque bruit autrefois.

Nous voulons parler de la production directe d'énergie mécanique au moyen de piles électriques. Il n'est pas besoin de longs calculs pour montrer que ce système est beaucoup moins économique que la combustion du charbon ordinaire.

Nous supposerons, comme l'a fait M. Trouvé, que la pile employée soit une pile à eau de mer ayant comme lames polaires négatives des lames de zinc et comme lames polaires positives des lames de cuivre, plongeant toutes dans la mer, le long du navire ou le long d'un chaland qu'il remorque. Il semble, en effet, qu'ainsi on se trouve dans les conditions les plus favorables, puisque le navire n'aura à supporter que le poids des lames polaires, les vases des éléments de la pile étant supprimés, et que, d'autre part, il ne sera nécessaire de prévoir aucun approvisionnement de liquides ou de toute autre substance nécessaire au fonctionnement de la pile. Certes, une pile de cette nature, de très

grandes dimensions, pourra engendrer une puissance électrique considérable et peut-être suffisante pour mettre en mouvement, par l'intermédiaire d'électromoteurs, l'hélice d'un petit et même d'un grand navire. Mais la question qui nous occupe n'est pas la possibilité de la propulsion électrique directe d'un navire ; il s'agit de chercher si le navire peut emmagasiner plus économiquement l'énergie en employant la pile qu'en employant le charbon ; autrement dit, si, pour marcher un certain nombre d'heures, à une certaine vitesse, il lui faudra un stock de charbon plus lourd et plus coûteux que l'approvisionnement des matières consommées par la pile. Celle-ci consomme, en effet, non pas des liquides, puisqu'on emploie la mer, ni d'autres substances chimiques comme dans la pile Daniell ou les autres, mais tout au moins du zinc.

3. — En supposant que la consommation de zinc soit strictement égale à la consommation théorique, ce qui est très loin de la vérité, pour cette pile à eau de mer, on sait qu'un coulomb d'électricité ne peut être fourni par un élément de pile dont le zinc constitue la lame négative qu'autant que cette lame perd une fraction de son poids égale à 0,337 milligramme.

Or, la pile à eau de mer a, par élément, tout au plus une *force électromotrice* de 0,6 volt *quand elle travaille*. Si n désigne le nombre des éléments en tension dans la pile, $n \times 0{,}6$ en sera la force électromotrice et $n \times 0{,}6 \times Q$ sera le travail électrique en joules développé par la pile dans tout son circuit, Q étant le nombre des coulombs fournis. Si nous voulons obtenir un travail de 1 cheval-heure, c'est-à-dire le travail d'une puissance de 1 cheval pendant 1 heure, qui est égal à $736 \times 3\,600$ ou 2 649 600 joules, il faut donc que la quantité d'électricité Q fournie soit, en coulombs :

$$Q = \frac{2\,649\,600}{n \times 0{,}6}.$$

Comme chaque élément de pile dépense, par coulomb, 0,337 milligramme de zinc, la consommation pour la pile entière et par coulomb sera $n \times 0{,}337$ milligramme.

Par suite, le poids P de zinc dépensé pour obtenir le travail de 1 cheval-heure sera

$$P = \frac{2\,649\,600}{n \times 0{,}6} \times n \times 0{,}237 \text{ milligramme}$$

ou

$$P = 1{,}488 \text{ kilogramme.}$$

Or, toute machine à vapeur de bord est capable de produire 1 cheval-heure utile en consommant moins de 1 kg de charbon. On voit donc aussitôt l'infériorité de la pile, au point de vue du poids et du prix surtout du combustible ; car le zinc dans la pile est un véritable combustible qui brûle, c'est-à-dire s'oxyde, comme le charbon dans le foyer d'une chaudière.

Il faut remarquer que nous avons supposé que toute l'énergie électrique développée par la pile était utilisable dans un électromoteur et que nous ne tenons pas compte des pertes dues à la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique dans ce dernier. De sorte qu'on peut affirmer que la consommation de zinc sera en réalité au moins le double, en poids, de la consommation de charbon.

On nous pardonnera d'être entrés dans des détails aussi simples et aussi connus. Nous avons voulu établir, sans qu'il subsiste de doute, que, dans l'état actuel de la science, malgré le très faible rendement des chaudières, le charbon ou un combustible analogue est encore le mode d'emmagasinement de l'énergie mécanique le moins lourd et le moins coûteux.

4. Importance de la distribution de l'énergie mécanique à bord des navires. — L'énergie mécanique développée à bord des navires, par la combustion du charbon ou du pétrole et par l'intermédiaire des chau-

dières à vapeur, n'est pas seulement appliquée à la propulsion. A bord des navires de guerre, elle actionne, directement ou indirectement, des ventilateurs, des pompes, des treuils ou monte-charges pour munitions, des treuils d'embarcation, des cabestans, des escarbilleurs, des appareils de pointage pour les canons, des appareils de manœuvre pour le gouvernail, des dynamos d'éclairage, etc.

Les appareils auxiliaires actionnés mécaniquement peuvent absorber, sur les grands cuirassés, une puissance atteignant plusieurs milliers de kilowatts.

L'origine de toute puissance mécanique étant les grandes chaudières à vapeur du bord, ou un nombre restreint de chaudières auxiliaires, il y aura lieu, on le voit, d'organiser une distribution de l'énergie mécanique importante, par la grandeur de la puissance distribuée, comme aussi par les difficultés particulières inhérentes aux navires.

Nous donnons ci-après, comme exemple, le tableau des machines auxiliaires d'un cuirassé français, mettant en évidence le champ d'action où peut s'étendre l'emploi des électromoteurs. Nous n'avons pas distingué d'ailleurs la nature des moteurs actionnant les diverses machines mentionnées dans ce tableau. Si, sur un navire particulier, les moteurs peuvent être électriques, ils sont encore à vapeur sur un autre.

5. Tableau des machines auxiliaires d'un cuirassé français.

DÉSIGNATION DES MACHINES.	NOMBRE des appareils.	PUISSANCE totale en kilowatts.
Dynamos à vapeur	6	390
Appareils de manœuvre des tourelles	32	346
Monte-charges pour munitions	11	70
Manœuvre de la barre	2	37
Cabestan	2	184
Treuils de pont	2	63
Escarbilleurs	8	47
Ventilateurs	13	22
Pompes d'épuisement et d'incendie	6	175
Compresseurs d'air pour les torpilles	2	30
Machines frigorifiques	1	18
Condenseurs auxiliaires	1	10
TOTAUX	86	1 392

REMARQUE. — Dans le tableau précédent ne sont pas compris les appareils de servitude des machines motrices du navire (pompes à air, pompes alimentaires, ventilateurs du tirage forcé des chaufferies). En revanche, les dynamos font en partie double emploi, puisqu'un certain nombre des appareils compris dans le tableau sont alimentés électriquement, par l'intermédiaire des dynamos. Logiquement, ces dynamos ne doivent donc être comptées que pour la partie de leur puissance correspondant à l'éclairage électrique, soit environ 70 kilowatts.

6. Modes divers de distribution de l'énergie mécanique à bord des navires. — La distribution se fait, ou peut se faire, à bord des navires, par divers procédés dont voici l'énumération :

1° Au moyen d'engrenages, câbles, arbres, poulies, cour-

roies transmettant à divers appareils la puissance mécanique développée par une machine à vapeur principale ;

2° Par la distribution directe de la vapeur aux machines à vapeur auxiliaires actionnant les divers appareils ;

3° Au moyen de l'eau comprimée, une machine à vapeur centrale comprime l'eau, avec laquelle on alimente des moteurs hydrauliques aux points où la puissance doit être utilisée ;

4° Au moyen de l'air comprimé ; ce système, analogue au précédent, exige encore une machine à vapeur centrale pour comprimer l'air et des moteurs à air comprimé actionnant les appareils ;

5° Au moyen du courant électrique produit par des machines électriques centrales mues à la vapeur ou au pétrole, et actionnant des électromoteurs.

7. — Il semble, à première vue, que les seuls procédés logiques de distribution soient les deux premiers, puisque les autres, en outre de la transformation de l'énergie calorifique de la vapeur en énergie mécanique, exigent encore d'autres transformations toujours coûteuses et quelquefois compliquées, puisqu'il faut au moins intercaler entre la source d'énergie mécanique, c'est-à-dire la machine à vapeur, et les appareils d'utilisation, les appareils nécessaires pour opérer une double transformation. Cependant, il peut se faire qu'un mode de distribution, autre que la distribution directe, présente des avantages particuliers assez grands, en vue de l'usage spécial du bord, pour qu'on accepte une dépense et une complication supplémentaires.

D'ailleurs, s'il est certain que les transformations subies par l'énergie, dans tous les systèmes autres que celui de la transmission directe ou de la distribution de vapeur, absorbent une partie de cette énergie et diminuent le rendement de la distribution, c'est-à-dire augmentent la dépense d'exploitation, il n'en résulte pas nécessairement que la distribution directe soit moins coûteuse. La distribution par la

vapeur entraîne aussi des causes de pertes d'énergie, telles que la condensation dans les tuyaux ; et surtout il ne faut pas oublier que l'économie d'un système ne réside pas seulement dans un grand rendement, et qu'on doit tenir compte aussi des frais d'installation et des dépenses d'amortissement. Il est certain, par exemple, qu'une distribution de vapeur, dans un rayon un peu considérable, mettons 10 kilomètres, occasionnerait de telles pertes par condensation et entraînerait des frais de tuyautage si grands, que cette distribution directe serait de beaucoup plus onéreuse qu'une distribution par l'intermédiaire du courant électrique ou de l'air comprimé, en supposant même que cette distribution de vapeur fût pratiquement réalisable à cette distance.

Il est donc difficile de comparer, *a priori* et d'une manière générale, les divers systèmes de distribution que nous avons énumérés. Nous ne pouvons que signaler les avantages et les inconvénients particuliers à chacun d'eux ; leur connaissance suffira souvent pour guider le choix qu'on doit faire dans les divers cas particuliers. Quant au rendement, au poids, au prix de revient, les chiffres qu'on pourrait citer prennent, suivant les cas étudiés, des valeurs si différentes, qu'on ne saurait en tirer de conclusions bien justifiées.

8. Distribution de l'énergie mécanique par engrenages, câbles, arbres, poulies, courroies. — Ce système de distribution n'est guère employé à bord des navires.

A bord d'un cuirassé, on n'en voit d'exemple que dans l'atelier, pour transmettre aux diverses machines-outils la puissance mécanique développée par la petite machine à vapeur de cet atelier ; on peut cependant y faire rentrer la transmission du mouvement de la roue du gouvernail à la barre, au moyen des drosses.

Cet emploi si limité de ce mode de transmission s'explique aisément, si l'on songe qu'un navire de guerre est un

ensemble de compartiments relativement petits, très encombrés, ne communiquant entre eux que d'une façon fort restreinte. Il suffit de s'imaginer quelle complication d'arbres, de poulies, d'engrenages entraînerait, par exemple, la transmission à l'appareil de pointage d'un canon quelconque du mouvement de la machine à vapeur principale, pour comprendre qu'un pareil système de distribution ne saurait se généraliser à bord.

9. Distribution par la vapeur. — Ce système de distribution est encore, en raison de sa simplicité, très souvent adopté actuellement. La distribution se réduit en effet à un tuyautage mettant en relation avec les chaudières les machines à vapeur actionnant les appareils à faire mouvoir.

L'indépendance des divers appareils actionnés est parfaite ; pourvu que les chaudières soient suffisantes, on peut mettre en marche ou stopper une ou plusieurs machines, sans que les autres en soient influencées.

L'absence d'appareils de transformation autres que ceux communs à tous les systèmes rend la distribution directe par la vapeur plus sûre que les autres. Il n'y a guère à craindre, en outre des avaries dans les chaudières, ce qui paralyserait tous les autres modes de distribution également, que des avaries dans le tuyautage. Or celles-ci, qui sont des fuites de vapeur, sont toujours visibles et assez facilement réparables à bord.

La vapeur peut actionner aisément toutes sortes d'appareils à grande ou petite vitesse.

D'un autre côté, le tuyautage de vapeur est lourd, encombrant surtout, à cause de sa grande section. Son défaut capital est qu'il développe dans les locaux qu'il traverse une température quelquefois excessive, malsaine et dangereuse lorsqu'il s'agit des soutes à munitions. Les fuites légères de vapeur répandent dans l'atmosphère une humidité malsaine ; des avaries même peu importantes dans le tuyautage se produisant pendant le fonctionnement peuvent entraîner des

accidents graves de personnes. La mise en marche exige un réchauffage des moteurs et un temps atteignant parfois 10 à 15 minutes, lorsque le tuyautage est long et sinueux. Enfin, la condensation de la vapeur dans les tuyaux, causée par l'envahissement d'un compartiment du navire par l'eau de mer, empêcherait le fonctionnement des machines à vapeur auxquelles ces tuyaux aboutissent.

10. Distribution par l'eau comprimée. — La distribution par l'eau comprimée est appliquée à bord d'un petit nombre de navires de commerce, pour la manœuvre des appareils de chargement et de déchargement. A bord des cuirassés, ce système était, récemment encore, général pour le pointage et le chargement des gros canons.

Les avantages que présente la distribution par l'eau comprimée sont : la simplicité et la sécurité des appareils qu'elle emploie, la facilité et surtout la précision de la manœuvre de ces appareils. C'est cette dernière qualité, due au peu de compressibilité de l'eau, qui a surtout fait rechercher les appareils hydrauliques pour le pointage des canons. On peut, grâce à elle, amener et maintenir les organes mobiles dans une position voulue à l'avance, beaucoup plus aisément que si l'on employait la vapeur.

Les fuites dans le tuyautage, faciles à découvrir, sont relativement faciles à réparer à bord. Ce tuyautage ne rayonne pas de la chaleur comme le tuyautage de vapeur, et les appareils hydrauliques eux-mêmes n'échauffent pas les compartiments où se fait l'utilisation de la puissance mécanique. La distribution par l'eau comprimée n'est pas arrêtée à la suite de l'envahissement par l'eau de mer d'un compartiment traversé par le tuyautage.

Comme inconvénients, nous signalerons : le poids et l'encombrement du tuyautage, l'humidité constante qui résulte des suintements aux joints, la possibilité de la congélation de l'eau dans les pays froids. Nous devons surtout retenir que le fonctionnement des appareils hydrauliques n'est sa-

tisfaisant que si la pression est maintenue élevée et constante ; il en résulte d'abord que l'indépendance des appareils n'est pas aussi grande qu'avec la vapeur et ensuite que l'emploi du système hydraulique exige une mise en pression préalable. Ajoutons enfin que les appareils hydrauliques conviennent surtout pour des mouvements lents et rectilignes.

11. Distribution par l'air comprimé. — La distribution par l'air comprimé, dont il n'existe à notre connaissance aucune application à bord, ressemble à la précédente en apparence seulement, car elle en diffère essentiellement par la nature du fluide parcourant la canalisation. Ce fluide est ici éminemment compressible et, n'était la double transformation supplémentaire du système à air comprimé, dans les pompes à air comprimé mues à la vapeur, ce système ressemblerait beaucoup à la distribution par la vapeur.

Ainsi les moteurs à vapeur fonctionnent très bien avec l'air comprimé à la même pression ; le tuyautage de la vapeur peut servir pour l'air comprimé. L'air comprimé se prête, par suite, comme la vapeur, à toutes les applications. Les avantages spéciaux du système sont les suivants : innocuité parfaite des fuites du tuyautage, absence d'échauffement dans les compartiments traversés par le tuyautage ou renfermant les moteurs à air comprimé, aération par l'air évacué des moteurs sous une pression encore notable, fonctionnement malgré l'envahissement par l'eau de mer des compartiments traversés par le tuyautage ou renfermant les moteurs.

La distribution par l'air comprimé présente surtout l'inconvénient d'exiger un tuyautage lourd et encombrant, au même titre d'ailleurs que la vapeur. Pas plus que la vapeur, l'air comprimé ne permet de manœuvrer les appareils avec une grande précision.

12. Distribution par le courant électrique. — La distribution électrique de l'énergie mécanique est entrée, il

n'y a pas encore bien longtemps, en concurrence, à bord des navires, avec les autres systèmes de distribution. Tous les jours, le nombre des applications augmente. Examinons quelles sont les qualités particulières à ce mode de distribution, à bord des navires, qui justifient la faveur dont il jouit aujourd'hui et quels sont aussi les inconvénients qui peuvent et doivent même en limiter l'extension.

Tout d'abord, les conducteurs du courant électrique sont toujours de dimensions beaucoup moindres que les tuyaux équivalents pour la vapeur, l'eau comprimée, ou l'air comprimé. Leur flexibilité les rend admirablement propres à suivre les chemins parfois si étrangement sinueux nécessités par la distribution à bord des navires de guerre. Ces conducteurs ne rayonnent pas comme les tuyaux de vapeur une chaleur gênante, et ne donnent pas lieu comme eux à des fuites malsaines et quelquefois dangereuses pour le personnel.

Les moteurs électriques peuvent être, plus facilement que les appareils hydrauliques, rendus indépendants ; nous avons donné les conditions que devait pour cela réaliser la distribution, conditions relativement simples à remplir (tome I). Ces électromoteurs, plus encore que les moteurs hydrauliques, peuvent, s'ils sont bien agencés, permettre la manœuvre des appareils avec une grande précision ; nous avons en particulier indiqué comment on peut stopper instantanément un électromoteur (tome I, **273**), ce qui permet d'amener la partie mobile d'un appareil rigoureusement dans la position voulue. Les électromoteurs, en raison des formes et des positions très diverses qu'on peut leur donner, s'adaptent avec la plus grande facilité aux appareils à faire mouvoir, quels qu'ils soient ; on peut aussi les placer partout, puisqu'ils ne sont ni chauds, ni humides, ni dangereux.

En revanche, les électromoteurs sont des appareils plus délicats que des machines à vapeur, ou à air comprimé, ou des appareils hydrauliques. Nous ne voulons pas indiquer par là qu'ils sont plus difficiles à conduire. Au contraire,

n'importe qui peut, en quelques heures, apprendre à gouverner des moteurs électriques, et la facilité qu'on a de les manœuvrer à distance est encore un avantage précieux pour certaines applications. Mais si, en fonctionnement normal, un électromoteur est un appareil éminemment docile, obéissant sûrement et *instantanément* à la main qui le dirige, une avarie insignifiante peut en arrêter le fonctionnement et, chose plus grave, dérouter souvent pendant un temps assez long les gens les plus experts. En supposant même que les avaries des moteurs électriques ne soient pas plus fréquentes que celles des autres appareils, leur recherche demande souvent un temps assez long, même quand elles sont peu graves et facilement réparables. Il faut ajouter qu'un certain nombre des avaries possibles et, en particulier, celles qui intéressent l'induit de l'électromoteur, sont difficiles, pour ne pas dire impossibles, à réparer couramment à bord d'un navire.

Les électromoteurs sont plus spécialement appropriés pour actionner les appareils à grandes vitesses. C'est quelquefois une qualité, mais c'est parfois aussi un inconvénient, puisque, pour de nombreuses applications, il faudra réduire la vitesse à l'aide d'engrenages et souvent dans une proportion considérable. Ce n'est pas à dire qu'on ne puisse construire des électromoteurs marchant à petite vitesse ; mais les dimensions qu'on serait obligé de leur donner seraient alors considérablement augmentées et le système de distribution par l'électricité perdrait ses qualités principales. De la même manière, du reste, on peut construire des appareils hydrauliques à grande vitesse, si on consent à un accroissement des poids et du volume tant des appareils eux-mêmes que de l'eau qui les actionne.

Enfin, nous devons dire que la canalisation électrique est moins robuste que les autres, que des avaries même faibles matériellement peuvent arrêter la distribution, que ces avaries ne sont pas en général directement visibles et exigent une recherche quelquefois longue, que des courts-circuits

entre les conducteurs d'aller et de retour peuvent être une cause d'incendie, et qu'enfin l'envahissement, par l'eau de mer, d'un compartiment traversé par les canalisations ou renfermant des moteurs électriques arrête la distribution, comme d'ailleurs cela a lieu pour la vapeur.

13. Appareils pour lesquels la distribution électrique est toujours recommandable. — Il résulte de l'exposé succinct que nous venons de faire, des qualités et des inconvénients respectifs des divers modes de distribution de l'énergie mécanique à bord des navires, que la distribution électrique est spécialement indiquée pour actionner les ventilateurs, surtout ceux qui servent à l'aération dans les locaux autres que les chaufferies ou la machine principale. Ces ventilateurs tournent à grande vitesse ; un moteur électrique de faibles dimensions peut dès lors leur être directement adapté ; ils pourront se placer en tous endroits, même se suspendre sous barrots dans les appartements, être déplacés, grâce à la flexibilité des conducteurs qui les relient à la canalisation du courant, ou à la précaution de ménager diverses prises de courant. Ils pourront être mis en marche ou être stoppés par le premier venu, instantanément, leur fonctionnement régulier ne devant jamais apporter de troubles dans les autres appareils électriques avec lesquels ils sont reliés.

Les monte-charges destinés à alimenter de projectiles les canons de petit calibre distribués dans les parties hautes des navires de guerre doivent encore incontestablement faire partie du domaine du courant électrique.

Il en est de même surtout des pompes rotatives, à propos desquelles nous pourrions répéter ce que nous avons dit des ventilateurs d'aération. C'est à des pompes électriques distribuées dans tout le navire qu'on doit demander l'épuisement de l'eau envahissant les compartiments.

D'une manière générale peuvent être, avec avantage, actionnés électriquement tous les appareils accessoires

dont le fonctionnement n'est pas étroitement lié à la sécurité du navire et qui sont situés assez loin du centre de production de la puissance mécanique, c'est-à-dire des chaudières, pour que le remplacement de la canalisation de vapeur ou d'eau par la canalisation électrique constitue un progrès incontestable et important.

Les appareils de pointage des gros canons ou des tourelles, les monte-charges, qui les alimentent en munitions et qui naguère étaient actionnés hydrauliquement, sont actuellement et avec raison presque toujours alimentés par le courant électrique. On peut, à tout instant, obtenir, au moyen des électromoteurs, un pointage des canons et même des tourelles mobiles très facile et très précis, alors que les appareils hydrauliques perdent beaucoup des qualités de précision que nous leur avons concédées lorsqu'il s'agit de canons de très gros calibre ou de tourelles, en raison des masses énormes mises en mouvement. L'expérience a montré d'ailleurs que cette facilité et cette précision de manœuvre plus grandes, dues à l'emploi du courant électrique, n'ont pas pour revers une diminution dans la sécurité de fonctionnement. On peut ajouter que l'emploi de l'électricité rend bien plus aisée la substitution de la manœuvre à bras à la manœuvre mécanique, en cas d'avarie, que l'emploi de tout autre système; cet avantage contribue à accroître la sécurité de fonctionnement.

14. Appareils pour lesquels la distribution électrique peut entrer en concurrence avec les autres systèmes de distribution. — Les appareils de manœuvre du gouvernail semblent devoir faire nécessairement partie du domaine de l'électricité. Le gouvernail se trouvant à l'extrême arrière du bâtiment, la canalisation de vapeur nécessaire pour alimenter le servo-moteur à vapeur, actionnant ordinairement ce gouvernail, est souvent fort longue et développe par conséquent à un haut degré les inconvénients que nous avons signalés. D'autre part, la

commande de la machine actionnant le gouvernail doit se faire du poste de manœuvre, une passerelle toujours très distante du gouvernail. Cette commande s'est effectuée pendant très longtemps avec des drosses, cordes ou chaînes, aidées de leviers multiples. Il paraît donc avantageux de remplacer le tuyautage de vapeur alimentant le servo-moteur du gouvernail par une canalisation électrique alimentant un électromoteur et, d'autre part, de remplacer la commande mécanique à distance par une commande électrique.

Toutefois, comme nous l'indiquerons plus tard, le problème de la *manœuvre directe* d'un gouvernail, à l'aide d'un électromoteur, présente d'assez grandes difficultés pour qu'on ne puisse être assuré que la solution en sera toujours satisfaisante. Or, le gouvernail est un organe, à bord d'un navire, dont le bon fonctionnement est absolument indispensable. La *manœuvre directe* du gouvernail par un électromoteur ne peut donc, au moins actuellement, être recommandée d'une manière formelle, malgré les avantages sérieux de la suppression du tuyautage de vapeur allant à l'extrême arrière du navire. Il y a lieu tout au moins d'attendre que cette solution électrique complète ait fait ses preuves. D'ailleurs, les électromoteurs peuvent être mis à contribution d'une manière indirecte, comme, par exemple, pour actionner des pompes alimentant des appareils hydrauliques manœuvrant le gouvernail. Si donc cette question n'est pas encore tranchée en faveur de l'électricité, ce champ d'application ne lui est pas néanmoins fermé.

En ce qui concerne la *commande à distance* des appareils de manœuvre du gouvernail, il est plus facile de formuler une opinion ferme. Le remplacement de la transmission mécanique, usitée généralement autrefois, par une commande électrique, est tout indiqué, étant données les qualités fondamentales des transmissions électriques. Il n'est pas inutile de faire ressortir ici que la commande électrique permet de manœuvrer à volonté les appareils de

plusieurs points indifféremment, plus commodément que tout autre moyen.

Aujourd'hui encore, comme lorsque la première édition de cet ouvrage a paru, aucune application n'existe en France, sur un navire de guerre, de la manœuvre électrique directe du gouvernail, alors que s'est généralisée la commande électrique à distance des appareils de manœuvre, le plus souvent encore des servo-moteurs à vapeur.

Certains appareils, comme les cabestans, les treuils d'embarcations, les pompes de compression, peuvent évidemment être actionnés par des électromoteurs. Cependant, il faut observer que ces appareils mettent en jeu des forces brutales et que leur manœuvre ne demande pas une grande précision. Bien que le remplacement, pour l'actionnement de ces appareils, des moteurs à vapeur encore le plus souvent employés aujourd'hui, par des électromoteurs, puisse conférer des avantages certains, par contre, des inconvénients non moins réels apparaissent comme résultats de cette substitution : augmentation de poids, de prix, avaries plus fréquentes. Dans ce domaine, l'électricité n'a donc pas une évidente supériorité et il importe d'être très réservé pour son emploi.

15. Appareils pour lesquels l'emploi des électromoteurs est illogique. — Les appareils auxiliaires placés dans les chaufferies ou dans les chambres de machines, ou dans les compartiments très voisins, pompes à air, pompes de circulation, pompes d'alimentation, ventilateurs pour le tirage forcé ou autres, escarbilleurs, doivent continuer évidemment à être actionnés directement par la vapeur, les inconvénients inhérents à celle-ci perdant alors toute leur importance ; le tuyautage trouve toujours son chemin, le supplément de température qui en résulte est insignifiant, au centre même de la production et de l'utilisation de la vapeur ; les moteurs électriques, au contraire, ne fourniraient que de mauvais services dans des milieux

mortels pour eux : il n'est pas besoin d'ailleurs d'insister sur le contre-bon-sens que l'on commettrait en canalisant la vapeur des chaudières jusqu'aux dynamos-génératrices, puis en canalisant le courant électrique de celles-ci jusqu'à des électromoteurs placés près des chaudières, sacrifiant à la fois l'économie d'installation, l'économie d'exploitation et la sécurité de fonctionnement.

Il est non moins évident que les dynamos électriques de toutes sortes, aussi bien celles qui servent à l'éclairage que celles qui alimentent les électromoteurs, continueront à être mues à la vapeur, en attendant qu'elles soient actionnées un jour directement par des moteurs à pétrole.

16. Résumé. — On voit, par ce qui précède, que si, dans les transmissions d'énergie à terre, l'électricité a une grande supériorité sur les autres agents, pour peu que la distance ne soit pas trop petite, et si, pour les grandes distances, elle constitue même la seule solution pratique, à bord des navires, où les distances sont toujours très faibles, le courant électrique ne peut prétendre à remplacer partout la vapeur pour la distribution de l'énergie mécanique. Il ne peut que se faire, à côté d'elle, une très large place, les applications ne manquant pas où l'on pourra utiliser ses merveilleuses qualités.

Nous étudierons successivement les ventilateurs et les pompes électriques; les monte-charges électriques transportant aux canons leurs munitions; les escarbilleurs, les cabestans et treuils électriques d'embarcations; les appareils de pointage électrique des tourelles; la commande électrique à distance des projecteurs; la commande ou la manœuvre électrique du gouvernail; la navigation électrique.

CHAPITRE II

VENTILATEURS ÉLECTRIQUES

17. Difficultés de la ventilation générale à bord d'un navire de guerre ; nécessité de la ventilation individuelle des compartiments ; solution électrique satisfaisante. — Le problème de la ventilation générale est très difficile à résoudre à bord des navires de guerre, à cause du grand nombre de compartiments de faibles dimensions qui composent l'intérieur du navire, compartiments ne communiquant entre eux que par des portes étroites ou, dans le sens de la hauteur, par des échelles exiguës. La ventilation est cependant ici d'une importance capitale, en raison des hautes températures de la plupart des compartiments, de l'absence d'ouvertures donnant accès naturellement à l'air frais et pur du dehors, et des causes nombreuses d'altération de l'air confiné, respiration, combustion, graisses, huiles, etc. La ventilation aura donc un double but : combattre l'élévation de la température des compartiments, rendre l'atmosphère respirable sans risque d'asphyxie. Ce double but est rempli si on expulse l'air chaud et vicié des compartiments et si on le remplace par l'air frais et pur de l'extérieur.

18. — Une circulation générale de l'air extérieur dans l'intérieur du navire, à l'aide de cheminées d'appel ou de *manches d'aération,* ne peut commodément être établie dans un milieu aussi divisé. Des ventilateurs puissants mus par la vapeur, par exemple, ne parviendraient pas, pour la même raison, à établir la ventilation générale du navire. La ventilation électrique permet seule d'obtenir une solution satisfaisante du problème. Les ventilateurs électriques

peuvent, en effet, être établis pour une puissance aussi faible qu'on le désire ; on peut donc aisément distribuer un très grand nombre de ventilateurs dans le navire, en placer même plusieurs dans certains compartiments dont la ventilation est particulièrement urgente ; la ventilation des différents locaux est ainsi rendue individuelle et chacun d'eux peut recevoir son contingent d'air frais, malgré le cloisonnement qui romprait la circulation d'un courant d'air général. Il importe de faire remarquer que l'emploi des ventilateurs électriques permet de débarrasser les compartiments du navire du tuyautage de vapeur servant à alimenter des ventilateurs thermiques ordinaires, tuyautage qui contribuerait à rayonner la chaleur que les ventilateurs sont précisément destinés à expulser. L'emploi du courant électrique est donc ici doublement indiqué.

19. — Comment doivent agir les ventilateurs électriques ? Est-ce en enlevant l'air chaud et vicié des compartiments du navire, ou bien en y refoulant de l'air frais ? Les deux systèmes ont leurs partisans. Aspirez l'air chaud, disent les uns, et l'air frais trouvera bien le moyen de venir remplir le vide pratiqué. Faites arriver du dehors, sous pression, l'air plus froid et plus lourd, répliquent les autres, et il chassera l'air chaud qui, plus léger, remontera à l'extérieur. A la vérité, nous pensons qu'aucun des deux systèmes n'est complètement satisfaisant. Avec un ventilateur-aspirateur, on enlève bien l'air chaud avoisinant ; mais, si cet air est remplacé en partie par de l'air frais arrivant du dehors, d'ailleurs difficilement, une grande partie aussi du vide produit est comblée par des apports d'air chaud venant très facilement des compartiments voisins ; l'air n'est ainsi renouvelé qu'en partie, le reste ne fait que changer de local, en conservant sa température et son altération. Le refoulement d'air frais ne peut davantage, s'il est pratiqué seul, donner toute satisfaction ; l'air chaud, en effet, se rassemble au plafond entre barrots, ces derniers brisent le

courant de refoulement et par conséquent empêchent l'expulsion complète de l'air chaud; d'ailleurs, sur les côtés des compartiments, à l'abri des appareils nombreux qui les encombrent, se forment des *poches* d'air chaud que le courant d'air froid ne peut refouler. En pratique, un courant d'air froid chasse devant lui une colonne d'air chaud plus ou moins haute et plus ou moins large, air chaud qui, le plus souvent, va envahir d'autres compartiments, au lieu de gagner l'extérieur; si le ventilateur de refoulement est placé devant une porte, on a ainsi un magnifique courant d'air froid s'établissant très facilement et bien capable de donner l'illusion d'une bonne ventilation; mais à quelques pas en dehors de ce courant, sur les côtés du compartiment, l'air chaud reste, ou à peine agité, ou complètement immobile, comme l'eau des bords d'une rivi`re peut n'être animée que d'une faible vitesse, alors que le courant est très fort au milieu.

La solution rationnelle de la ventilation des navires consiste d'abord à fractionner cette ventilation le plus possible, de manière que chaque compartiment un peu important ait sa ventilation propre; ensuite, cette ventilation doit être double et se faire en aspirant l'air chaud dans les parties hautes des compartiments, ou dans les poches importantes, et en même temps en refoulant l'air frais du dehors; chaque compartiment important sera donc muni d'un ventilateur-aspirateur placé à la partie supérieure et dans le fond des compartiments, loin des portes, et d'un ventilateur de refoulement placé dans la partie inférieure et dans le voisinage des portes. On comprend quelle facilité l'emploi du courant électrique procure pour satisfaire à ce double desideratum, les ventilateurs électriques pouvant facilement occuper n'importe quelle position et le courant pouvant se distribuer dans tous les compartiments, si reculés qu'ils soient.

20. Quelques types anciens de ventilateurs électriques. — Jusqu'à ces dernières années, malgré les

avantages évidents de l'application du courant électrique à la ventilation, on ne trouvait que de rares ventilateurs électriques à bord des navires, de types d'ailleurs assez divers. Nous reproduirons, dans cette nouvelle édition, les indications, relatives à quelques-uns de ces ventilateurs, que contenait la première édition de ce livre. Certains de ces ventilateurs sont encore en service et d'ailleurs la comparaison avec les types actuels peut présenter quelque intérêt.

Un des premiers modèles employés, dû à la *Société d'éclairage électrique,* était destiné à être placé au plafond des compartiments.

A cet effet, une sorte de coupole en fonte est encastrée

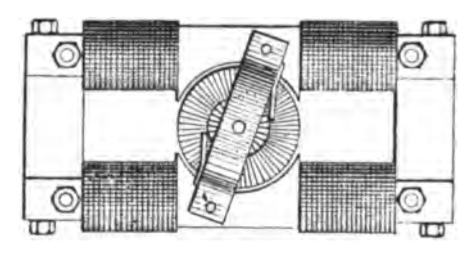


Fig. 1. — Moteur électrique de ventilateur. — Vue par-dessous.

dans ce plafond et sa concavité, tournée vers l'intérieur du compartiment, abrite complètement l'électromoteur et l'isole en même temps du ventilateur proprement dit. Une porte ferme la coupole vers l'intérieur du compartiment.

Les inducteurs du moteur électrique sont formés par quatre électro-aimants constituant un champ à deux pôles conséquents. Ces électro-aimants sont fixés par des boulons à la coupole en fonte dont nous avons parlé.

L'induit est un anneau Gramme dont l'axe vertical s'appuie d'une part sur une crapaudine fixée aux inducteurs et tourne d'autre part dans une douille ménagée dans la coupole ; l'axe de l'induit prolongé porte directement les ailettes du ventilateur. La figure 1 est un croquis de l'électromoteur.

L'excitation des inducteurs est faite en série ; nous avons dit, à plusieurs reprises, que, la ventilation constituant un travail régulier, sans variations sensibles, on pouvait employer n'importe quelle excitation pour les inducteurs et en particulier l'excitation en série, moins dispendieuse.

21. — Une particularité des électro-aimants inducteurs, c'est qu'ils sont disposés pour être couplés tous les quatre en tension, ou associés par deux en quantité et deux en tension. Cette disposition a pour but de faire varier à volonté la résistance des inducteurs et, par suite, l'intensité du courant dans l'induit et l'excitation des inducteurs pour une même différence de potentiel maintenue aux bornes. On obtient ainsi deux vitesses de régimes sans qu'on soit obligé d'introduire dans le circuit un rhéostat, ni de le manœuvrer. Il est vrai que ce couplage des inducteurs exige un commutateur et des connexions assez compliquées, ce qui restreint beaucoup l'avantage que nous venons d'indiquer. La figure 2 représente les connexions des différentes parties du moteur avec le commutateur.

Celui-ci se compose de huit bornes, numérotées de 1 à 8 sur la figure, et placées sur un socle en marbre ; elles servent en même temps de point de fixation pour les fils et de plots de contact pour deux lames de contact l et l', mobiles autour des axes O et O' et manœuvrées simultanément au moyen du bras isolant M qui les relie et avec lequel elles sont articulées. Les quatre électro-aimants inducteurs E_1, E_2, E_3, E_4 sont reliés en permanence deux par deux en tension, comme le montre la figure 2. Les extrémités d'une paire d'électros aboutissent aux bornes A et B ; celles de l'autre aux bornes C et D. D'autre part, un des balais F de l'induit I est relié en permanence à la borne C. Cinq conducteurs doivent être élongés pour établir la liaison entre les bornes A, B, C, D et le balai F', d'une part, et les cinq bornes 1, 2, 8, 4 et 6 du commutateur d'autre part. Les bornes 2 et 5, 3 et 4 de celui-ci sont reliées en permanence par des bouts de fil de

cuivre. Enfin, les bornes 1 et 6 sont mises en communication par deux conducteurs avec les deux pôles de la génératrice

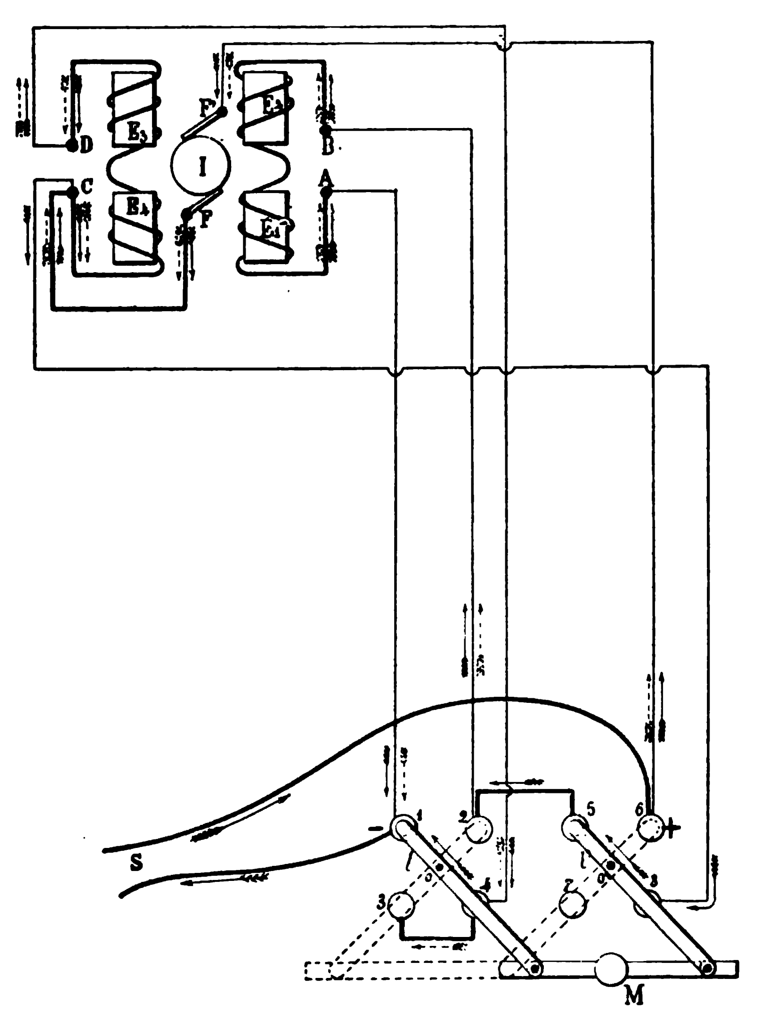


Fig. 2. — Couplage des inducteurs d'un ventilateur en tension ou en quantité.

S ou avec deux conducteurs secondaires partant du tableau de distribution. On voit immédiatement que si les lames *l*

et l' du commutateur sont placées dans la position indiquée en pointillé, les quatre électros et l'induit sont mis en tension; si, au contraire, on met les lames de contact dans la position représentée en traits pleins, les quatre électros sont mis en quantité par deux. Nous avons d'ailleurs figuré, par des flèches pointillées, le parcours du courant dans le premier cas; par des flèches pleines, le parcours dans le cas de la mise en quantité.

Nous avons indiqué au n° **248** du tome Ier quel était l'effet du changement de couplage des inducteurs. Le passage du couplage en tension au couplage en quantité diminue la résistance introduite dans le circuit du moteur, d'où augmentation de la vitesse. De plus, avant même que la vitesse ait atteint toute son augmentation, le partage du courant fourni par la source entre les deux lignes parallèles d'électro-aimants entraîne une diminution du flux inducteur, ce qui est une nouvelle cause d'augmentation de la vitesse.

Il est vrai que, dans le cas des ventilateurs, le moment résistant augmente à peu près proportionnellement au carré de la vitesse et qu'alors le flux de force inducteur peut regagner la valeur primitive et même la dépasser. Dans le cas le plus ordinaire, les inducteurs étant près de la saturation avec les électro-aimants en tension, ils pourront encore être à peu près saturés lorsque, après la mise en quantité, la vitesse, le moment résistant et enfin le courant se seront accrus, l'accroissement du courant pouvant à peu près compenser sa division dans les deux lignes d'électro-aimants.

22. — Voici les données numériques relatives à ce modèle de ventilateur électrique :

Données de construction.

Diamètre du fil de l'induit. . .	1,8	millimètre
Nombre des sections de l'induit.	46	

Résistance de l'induit.	0,46 ohm
Diamètre du fil des inducteurs .	2,0 millimètres
Résistance des inducteurs, les quatre électros couplés en tension.	2,68 ohms
Résistance des inducteurs, les électros couplés en quantité par deux.	0,67 ohm
Diamètre des ailettes du ventilateur	0,64 mètre
Poids total	280 kilogrammes

Données de fonctionnement.

(Les électro-aimants inducteurs associés en quantité.)

Différence de potentiel aux bornes	70 volts
Intensité du courant	20 ampères
Vitesse.	1 200 tours par minute
Ouverture de refoulement. . .	6 décimètr. carrés
Pression de refoulement. . . .	2 centimètr. d'eau
Débit du ventilateur, à l'heure .	4 000 mètr. cubes d'air

Lorsque les électro-aimants inducteurs sont associés en tension, la vitesse est réduite à 700 ou 800 tours.

23. — La figure 3 représente en élévation et la figure 4 en plan un grand ventilateur de refoulement construit par la *Compagnie continentale Edison,* pour la marine.

Le moteur électrique a deux électro-aimants inducteurs verticaux formant deux pôles conséquents.

L'induit, en forme d'anneau denté, a son axe horizontal; il entraîne l'axe du ventilateur proprement dit à l'aide de cônes de friction réducteurs de la vitesse. On a méconnu ici le grand avantage de l'emploi des électromoteurs qui est de

pouvoir donner directement, sans intermédiaire d'engre-

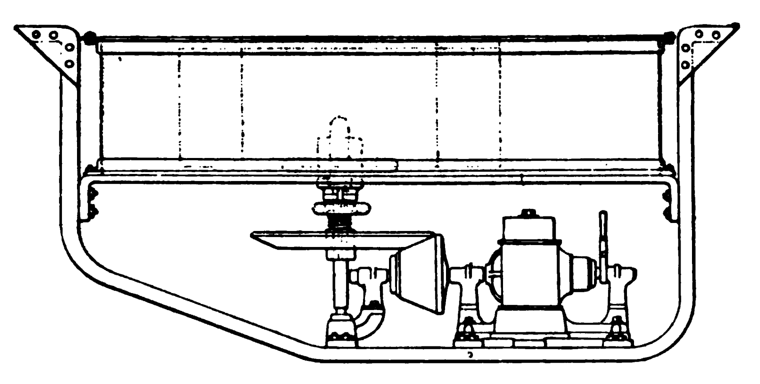


Fig. 3. — Ventilateur de refoulement de la *Compagnie Edison*.

Elévation ; échelle $\frac{1}{20}$.

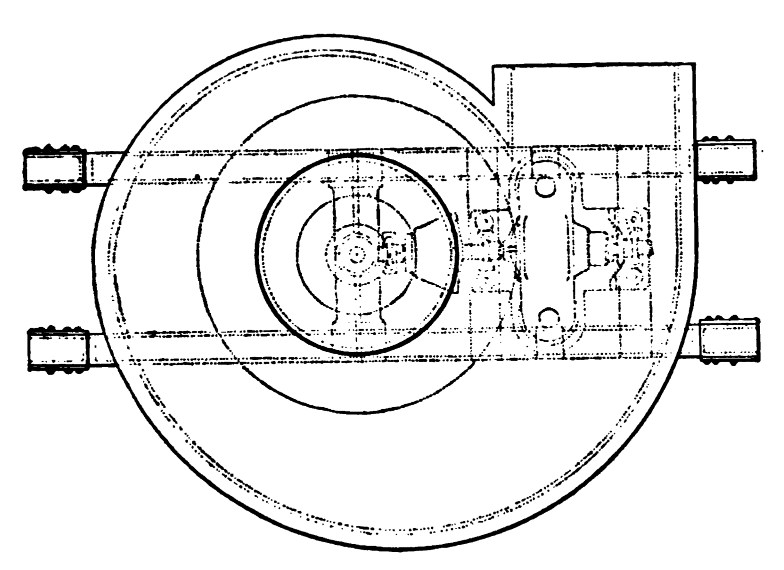


Fig. 4. — Ventilateur de refoulement de la *Compagnie Edison*.

Plan ; échelle $\frac{1}{20}$.

nages ou de transmission d'aucune sorte, une *grande vitesse*

aux ailettes du ventilateur; l'emploi de transmissions est aussi une cause de bruit très gênante.

24. — Voici quelques données numériques sur ce ventilateur :

Diamètre de l'hélice du ventilateur.	80 centimètres
Débit à l'heure	10 000 mètres cubes
Pression en millimètres d'eau . .	20 millimètres
Intensité du courant	20 ampères
Différence de potentiel aux bornes	80 volts
Vitesse de l'électromoteur. . . .	2 000 tours
Vitesse de l'hélice du ventilateur.	850 tours
Poids de l'électromoteur.	100 kilogrammes
Poids de l'ensemble.	280 kilogrammes

25. — Dans la figure 5 nous donnons un ventilateur de la maison Gramme accouplé à un moteur électrique par l'intermédiaire d'un manchon. L'électromoteur est du type dit *supérieur,* excité en dérivation.

26. — Un ventilateur bien compact est celui représenté par la figure 6. Le moteur électrique comprend deux électro-aimants inducteurs formant deux pôles conséquents. Les noyaux en fer de ces électros ont une forme circulaire et sont boulonnés aux extrémités sur des masses polaires en fonte, de sorte que l'ensemble des inducteurs forme une sorte d'anneau circulaire, enveloppant l'induit. L'excitation des inducteurs est faite en dérivation ; l'induit est un tambour Siemens.

La maison *Cadiot* livre des ventilateurs ainsi combinés, et qui peuvent, comme on le voit sur la figure, se fixer aux barrots des compartiments sur les navires ; ils débitent depuis 12 jusqu'à 135 mètres cubes à la minute, à la vitesse de 2 000 à 875 tours.

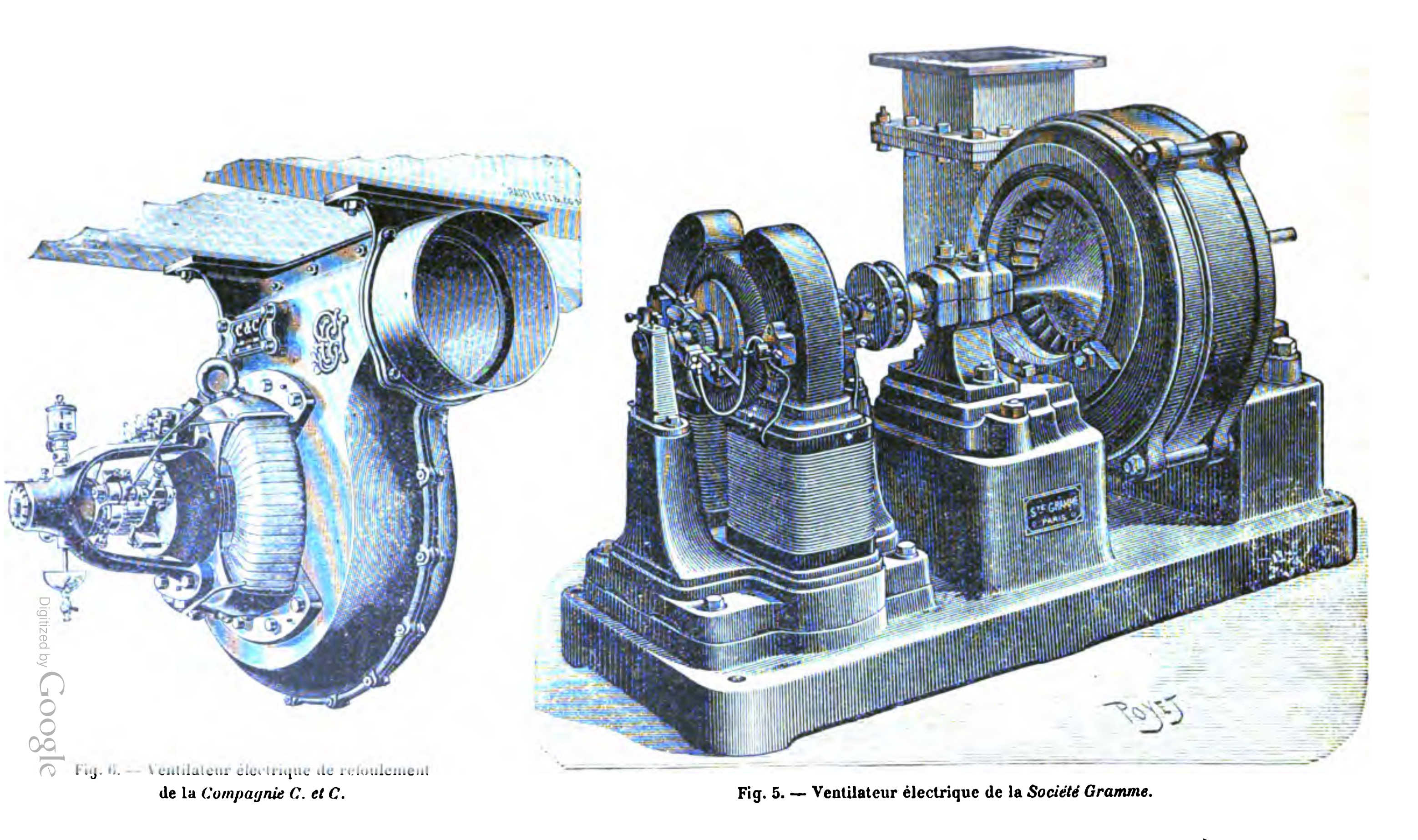


Fig. 6. — Ventilateur électrique de refoulement de la *Compagnie C. et C.*

Fig. 5. — Ventilateur électrique de la *Société Gramme.*

27. Types courants de ventilateurs pour l'aération des compartiments en général. — La figure 7 représente schématiquement une coupe verticale d'un des types de grands ventilateurs actuellement en service pour la ventilation des compartiments. Le moteur électrique est enfermé

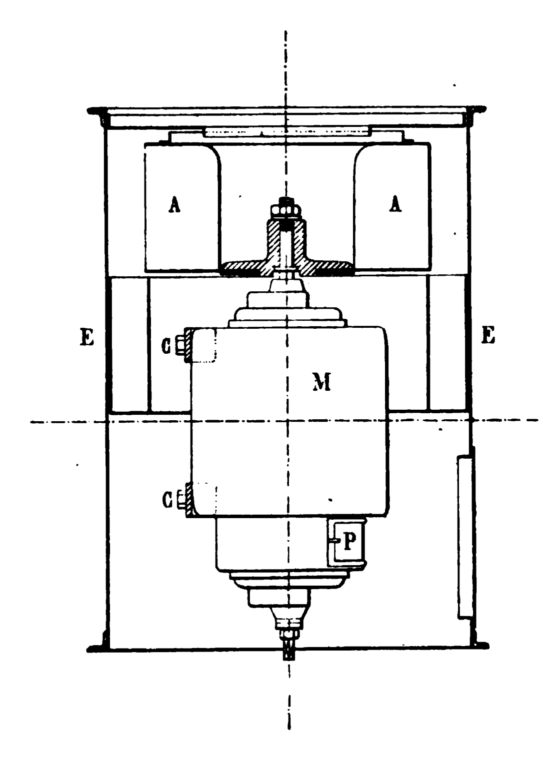


Fig. 7. — Ventilateur électrique de compartiment.

et supporté par une enveloppe protectrice M tenue elle-même par des cornières CC. Une porte de visite P permet l'accès à l'intérieur. L'axe de l'induit prolongé porte directement les ailettes hélicoïdales du ventilateur AA. Une enveloppe générale EE enferme le tout.

Plusieurs modèles de ce type de ventilateur sont en ser-

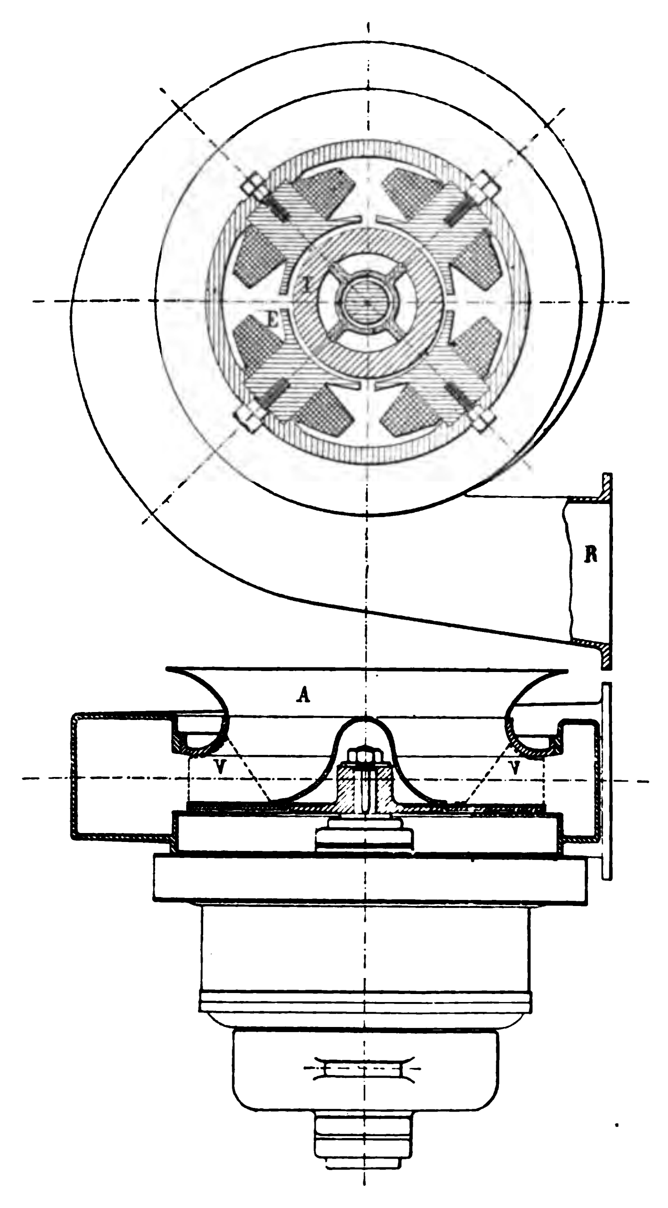


Fig. 8. — Ventilateur électrique hélico-centrifuge, de la maison *Bréguet*.

vice. Voici quelques données de fonctionnement et de construction relatives à deux de ces modèles, installés sur les cuirassés *Gaulois* et *Charlemagne*.

	VENTILATEUR DE 6000 M³.	VENTILATEUR DE 2000 M³.
Diamètre de la turbine. . . .	650 mm	400 mm
Diamètre de l'œillard	400 mm	260 mm
Section de débit.	680 cm²	273 cm²
Volume d'air débité	6 180 m³	2 150 m³
Pression, en eau	40 mm	30 mm
Différence de potentiel, aux bornes	76 volts	76 volts
Intensité du courant.	25 ampères	7,5 ampères
Poids de l'appareil	231 kg	135 kg

28. — Dans la figure 8, on a représenté un des ventilateurs, de la maison *Bréguet,* installés sur de nombreux navires (*Montcalm, Sully,* etc.). Ils sont *hélico-centrifuges,* c'est-à-dire que l'air entre parallèlement à l'axe de rotation pour ressortir de la turbine dans un plan perpendiculaire.

Le bas de la figure représente une vue en plan avec coupe de la volute; le haut, une vue de profil du côté du collecteur du moteur électrique, avec coupe perpendiculaire à l'axe de rotation et passant par l'axe des inducteurs du moteur.

Dans cette dernière, on voit les quatre électro-aimants E formant un inducteur en série à quatre pôles entourant l'induit I. Le refoulement se fait par l'extrémité R de la volute.

L'aspiration s'opère par l'ouverture du pavillon A; on voit en VV une silhouette des ailettes du ventilateur montées sur l'axe de l'induit du moteur.

Ce genre de ventilateur comprend le *type d'applique,* fixé à l'aide de brides placées sur la volute, et le *type à console,* dans lequel l'axe du moteur est maintenu horizontal par un support fixé sur son enveloppe.

Voici quelques caractéristiques de construction et de

fonctionnement pour les modèles de 1 000 m³ et de 3 500 m³.

	MODÈLES	
	de 1 000 m³.	de 3 500 m³.
Induit.		
Induit en anneau.		
Diamètre des fils, en millimètres.	1,6	1,5
Longueur des fils, en mètres	220	235
Nombre de sections	40	39
Nombre de spires	640	663
Résistance à 15° C, en ohms	0,11	0,71
Inducteur.		
Inducteur en série tétrapolaire.		
Diamètre des fils, en millimètres	4,3	2,8
Longueur des fils, en mètres	160	340
Nombre de spires par électro	96	220
Résistance à 15° C, en ohms	0,16	1,01
Fonctionnement.		
Nombre de tours par minute	1 390	612
Différence de potentiel aux bornes, en volts . .	75	80
Intensité, en ampères	27,5	10,8
Pression d'air, en millimètres d'eau	170	28
Section de l'orifice de sortie, en m²	0,0085	0,0696
Débit, en mètres cubes par heure.	1 114	3 718
Poids, en kilogrammes.	371	359

NOTA. — Le débit est calculé par la formule

$$Q = 3\,600 \times 0{,}7 \times S \times 4\sqrt{p},$$

en désignant par Q le débit, par S la section de l'orifice de sortie et par p la pression.

29. — La figure 9 est la reproduction d'une photographie

d'un ventilateur hélicoïde, système *Rateau,* du genre *hélico-centrifuge*, avec volute spiraloïde (*Carnot*). La maison *Sautter* et *Harlé* a installé à bord des navires de guerre un très grand nombre de ventilateurs de ce type.

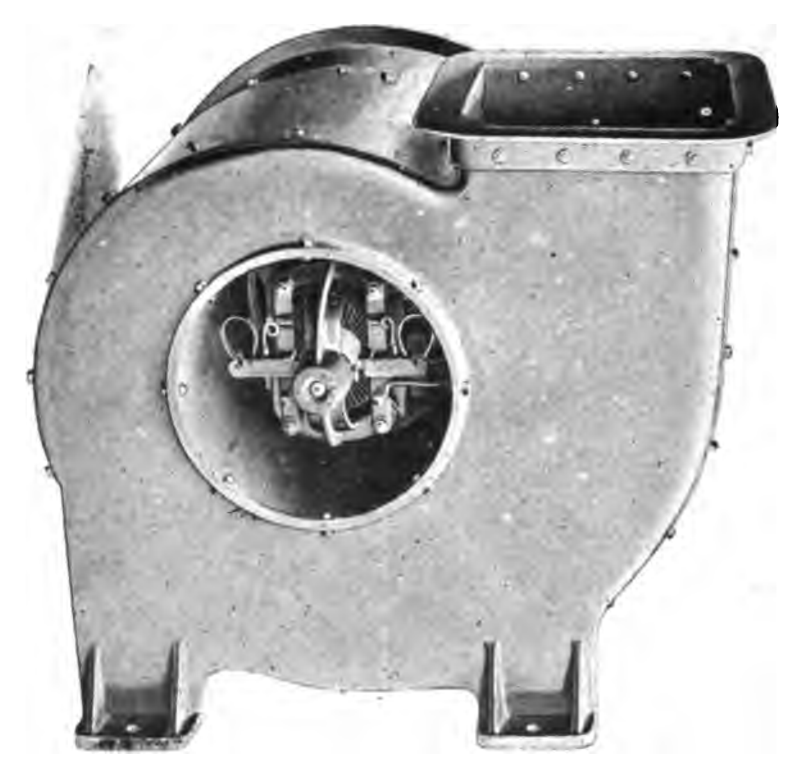


Fig. 9. — Ventilateur électrique hélico-centrifuge *Rateau,* de la maison *Sautter et Harlé.*

La figure 10 représente un ventilateur hélicoïde du système *Rateau,* du type *hélico-centripète.*

L'air entre et sort parallèlement à l'axe. Le moteur électrique a deux électro-aimants inducteurs E, E, à axe vertical, dont les noyaux prolongés embrassent l'induit, un anneau Gramme I. On voit en T la turbine. En R, est une roue fixe à aubes inclinées placée en avant de la turbine et destinée

à amener sous une incidence convenable l'air aspiré ; cette roue s'appelle *distributeur*.

Souvent aussi, une seconde roue semblable, R', appelée *diffuseur*, est placée après l'aube à ailettes pour augmenter la pression de l'air (*Saint-Louis, Gaulois, D'Entrecasteaux*, etc.). Ces ventilateurs peuvent aspirer l'air chaud des com-

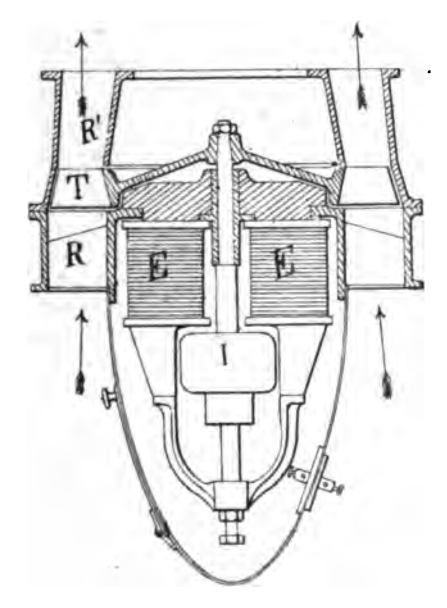


Fig. 10. — Ventilateur électrique hélico-centripète *Rateau*, de la maison *Sautter et Harlé*.

partiments (*fig. 10*), ou être disposés en sens opposé et refouler l'air frais du dehors dans ces compartiments.

On voit, dans la figure 11, la reproduction d'une photographie montrant un ventilateur complet et, au-dessous, l'aube mobile avec ses ailettes; à gauche, le diffuseur avec ses ailettes fixes.

30. — Nous donnons ci-après quelques caractéristiques de construction et de fonctionnement, pour plusieurs

modèles de ces derniers ventilateurs (*Gaulois, Charlemagne*).

	MODÈLES		
	de 3500 m³.	de 4000 m³.	de 10000 m³.
Induit.			
Induit en anneau.			
Diamètre du fil, en millimètres.	1,5	1,6	2,3
Longueur du fil, en mètres	120	120	130
Nombre de spires.	660	630	420
Résistance, en ohms	0,27	0,24	0,126
Inducteur.			
Inducteur bipolaire en série.			
Diamètre du fil, en millimètres.	3,6	3,8	5,7
Longueur, en mètres	98	112	108
Résistance, en ohms	0,16	0,16	0,7
Fonctionnement.			
Nombre de tours par minute	1 820	1 866	1 080
Différence de potentiel, en volts	78	78	78
Intensité, en ampères	15,25	17,5	26
Pression de l'air, en millimètres d'eau. .	40,1	41	41,3
Débit, en mètres cubes par heure. . . .	4 600	4 082	10 225
Poids, en kilogrammes	133	135	394

31. Ventilation des machines et des chaufferies. — La ventilation des machines et des chaufferies est aujourd'hui presque toujours assurée par des ventilateurs électriques.

Pour les machines, généralement des ventilateurs aspirent l'air chaud et le rejettent à l'extérieur, pendant que d'autres ventilateurs refoulent l'air frais du dehors ; on réalise ainsi une ventilation bien comprise.

Dans les chaufferies, on se contente de refouler l'air du

dehors, la circulation d'air se complétant par l'aspiration des foyers et des cheminées des chaudières.



Fig. 11. — Ventilateur électrique hélico-centripète *Rateau*, de la maison *Sautter et Harlé*.

Au tirage naturel, d'ailleurs, l'air extérieur tombe des manches à travers les aubes des ventilateurs, maintenus au repos.

Le plus souvent, aujourd'hui, ces ventilateurs de machines et de chaufferies sont du type *hélicoïde Rateau,* dont nous venons de parler plus haut; leur débit est voisin de 40 000 à 50 000 mètres cubes par heure (*Iéna, Suffren, Saint-Louis, Bouvet,* etc.).

L'induit est un anneau Gramme ; l'inducteur bipolaire est formé de deux électro-aimants prolongés par des masses polaires enveloppant l'induit; souvent, l'excitation est faite en dérivation; comme toujours, l'arbre de l'induit porte directement l'aube du ventilateur (*fig. 10*).

Suivant leur rôle, ces ventilateurs sont *hélico-centrifuges* (aspirants) ou *hélico-centripètes* (refoulants). Leur axe est, dans ce dernier cas, vertical; il est le plus souvent horizontal, dans le premier. Quand l'axe est vertical, le ventilateur est soutenu au centre de la manche d'aération.

32. — Voici quelques données moyennes de fonctionnement pour certains de ces ventilateurs.

		MODÈLES		
		de 40 000 m^3.	de 45 000 m^3.	de 55 000 m^3.
Résistance de l'induit, en ohms		»	»	»
Résistance de l'inducteur, en ohms		27	40	18
Débit, en mètres cubes par heure		38 600	43 500	56 000
Pression, en millimètres d'eau		25	20	25
Différence de potentiel, en volts		80	80	80
Petite vitesse	Tours par minute	230	210	175
	Intensité, en ampères	20	23	25
Moyenne vitesse	Tours par minute	325	300	250
	Intensité, en ampères	30	32	35
Grande vitesse	Tours par minute	650	600	500
	Intensité, en ampères	130	175	180

Ces gros ventilateurs peuvent être mis en marche à plusieurs allures; nous verrons plus loin quelques dispositifs permettant d'obtenir ces divers régimes de marche.

33. Ventilation des soutes; aéroréfrigérants. — La ventilation des compartiments servant de soutes à munitions est particulièrement intéressante. Les poudres actuelles sont en effet facilement décomposables, aux températures élevées, et il faut, à tout prix, empêcher la détérioration des munitions et les dangers résultant d'une décomposition trop rapide. Or, les soutes, placées dans le fond des navires, sous le pont cuirassé, souvent dans le voisinage des chaufferies, avec des ouvertures uniques fermées presque toujours, ne participent jamais à la circulation générale de

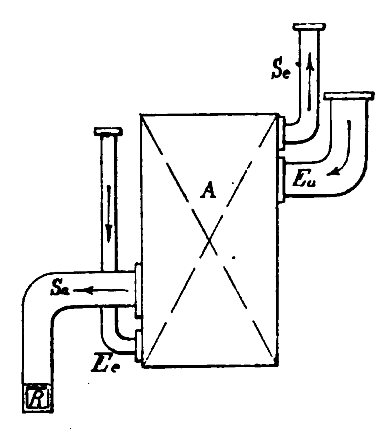


Fig. 12. — Schéma d'un aéroréfrigérant.

l'air et sont par suite mal partagées naturellement, au point de vue de la température. Bien que l'abaissement de la température soit le but principal poursuivi, il est néanmoins utile de débarrasser les soutes des vapeurs éthérées provenant de la décomposition lente des poudres. L'emploi de machines frigorifiques, mis en pratique presque partout, il y a quelques années, ne répondait pas complètement au dernier desideratum et même, en ce qui concerne l'abaissement de la température, les résultats atteints n'étaient pas satisfaisants. Ces machines frigorifiques mettaient en application généralement le froid produit par la détente de l'air com-

primé (exceptionnellement, on faisait usage des machines frigorifiques à ammoniaque ou à acide carbonique liquide); elles n'envoyaient dans les soutes qu'un petit volume de gaz très froid, provoquant par suite un abaissement de température intense, mais très localisé. Il faut au contraire faire circuler dans les soutes de grandes masses d'air, à une température qui n'a pas besoin d'être très faible et qui doit seulement être inférieure notablement à celle qui provoque la décomposition des poudres. On est sûr ainsi de maintenir la totalité de l'intérieur de la soute à une température excédant de très peu celle de l'air circulant et par suite non dangereuse.

On y parvient à l'aide des *aéroréfrigérants*, appareils qui furent installés pour la première fois sur le *Châteaurenault*, par les *Forges et Chantiers de la Méditerranée*. Voici en quoi ils consistent :

Un ventilateur électrique envoie par refoulement, dans les soutes, de l'air préalablement refroidi par sa circulation dans un serpentin au contact de l'eau de mer. Une pompe électrique fait circuler cette dernière dans la caisse contenant le serpentin à air. La température de l'air envoyé dans la soute en grande quantité ne dépassera donc pas celle de l'eau de mer. Le ventilateur employé est généralement un hélico-centrifuge Rateau refoulant *à grande pression* et la pompe est également une pompe centrifuge. La figure 12 montre la disposition d'ensemble d'un aéroréfrigérant. L'air refoulé par le ventilateur entre par E_a dans le serpentin contenu dans la caisse A de l'aéroréfrigérant. Il sort en S_a refroidi et il est refoulé dans la soute par l'ouverture R.

L'eau entre en E_e dans l'aéroréfrigérant et sort en S_e. On voit que l'eau entre par la partie inférieure de l'appareil et sort par la partie supérieure, et que c'est le contraire pour l'air ; ces deux circulations en sens contraire assurent le maximum de refroidissement pour la surface employée. Chaque élément du serpentin dans lequel circule l'air est constitué actuellement par une sorte de caisse ver-

ticale aplatie, en tôle ondulée ; les divers éléments sont placés parallèlement dans une enveloppe extérieure ; ils communiquent par un tuyau avec l'élément précédent et, par un autre tuyau placé dans l'angle opposé, avec l'élément suivant, de sorte que l'ensemble forme un serpentin continu de grande surface.

Le premier élément est fixé sur une des parois de l'enve-

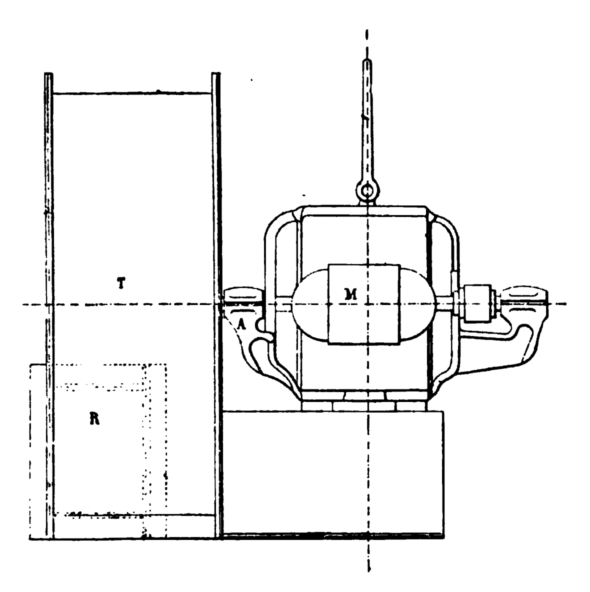


Fig. 13. — Ventilateur électrique des doubles fonds.

loppe extérieure, le second sur la paroi opposée, et ainsi de suite, de manière à ménager entre eux et les cloisons de l'enveloppe un second conduit en serpentin pour l'eau réfrigérante.

Il y a généralement trois étages de serpentins, réunis de manière à n'en former qu'un seul.

Le plus souvent, aujourd'hui, la pompe aspire l'eau dans les caisses de l'aéroréfrigérant, afin que ces dernières n'aient pas à supporter une pression trop grande, en cas d'oubli

d'ouverture du robinet opposé à la pompe. Dans certaines installations, toutefois, la pompe fonctionne par refoulement, comme le ventilateur.

34. Ventilateurs des doubles fonds. — Pour ventiler les doubles fonds, on utilise souvent des ventilateurs portatifs dont la figure 13 représente un modèle. Il est du type hélico-centrifuge. L'axe A de l'induit horizontal porte une aube T à 15 ailettes refoulant par l'ouverture R. Une base d'appui permet de le placer sur le pont ; on voit aussi, sur le dessus de la carcasse, un piton de suspension. Voici quelques données de fonctionnement pour ce modèle :

Induit.

Induit en anneau.	Diamètre du fil	0,8 mm
	Nombre des sections . .	25
	Nombre de spires par section	9
	Résistance de l'induit. .	»

Inducteur.

Excité en série.	Diamètre du fil	2,0 mm
	Poids du fil.	1,8 kg
	Résistance de l'inducteur	»

Fonctionnement.

Intensité moyenne	5,2	ampères
Différence de potentiel	75	volts
Vitesse moyenne.	1 725	tours/m
Pression moyenne	40	mm d'eau
Débit moyen	626	m³
Section de l'orifice de sortie . .	0,0068	cm²
Poids	49	kg

35. Ventilateurs d'appartement. — Les ventilateurs d'appartement sont le plus souvent des aspirateurs ou des *éventails.*

La figure 14 montre un ventilateur-éventail de la maison

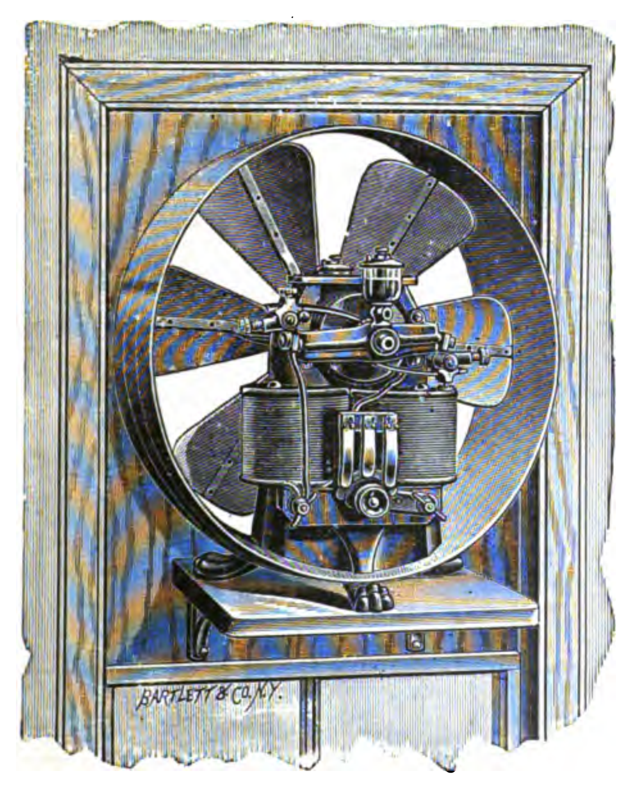


Fig. 14. — Ventilateur électrique aspirateur de la maison *Cadiot.*

Cadiot, installé à une fenêtre comme aspirateur et vu par derrière ; il absorbe une puissance de 1/4 de cheval-vapeur, avec une hélice de 45 cm.

36. — Nous donnons, dans la figure 15, un croquis d'un ventilateur-éventail de la *Compagnie continentale Edison.*

L'induit de l'électromoteur est bobiné sur un anneau denté (Pacinotti). Les inducteurs bipolaires comprennent deux électro-aimants ; ils sont excités en série.

37. — Voici quelques données numériques sur le fonctionnement de ces petits moteurs :

PUISSANCE MÉCANIQUE UTILE.	3 kgm/s.	10 kgm/s.
Différence de potentiel aux bornes. .	100 volts	100 volts
Intensité du courant.	0,8 ampère	1,75 ampère
Vitesse.	3 500 tours	3 000 tours
Puissance électrique consommée . .	80 watts	175 watts
Rendement industriel	0,40	0,60
Diamètre de l'induit	65 mm	80 mm
Poids de l'électromoteur	7 kg	13 kg
Diamètre des ailettes du ventilateur.	30 cm	39 cm

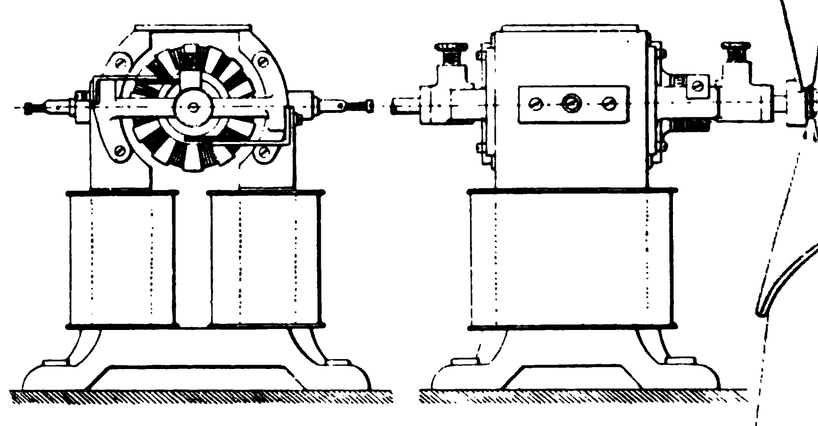
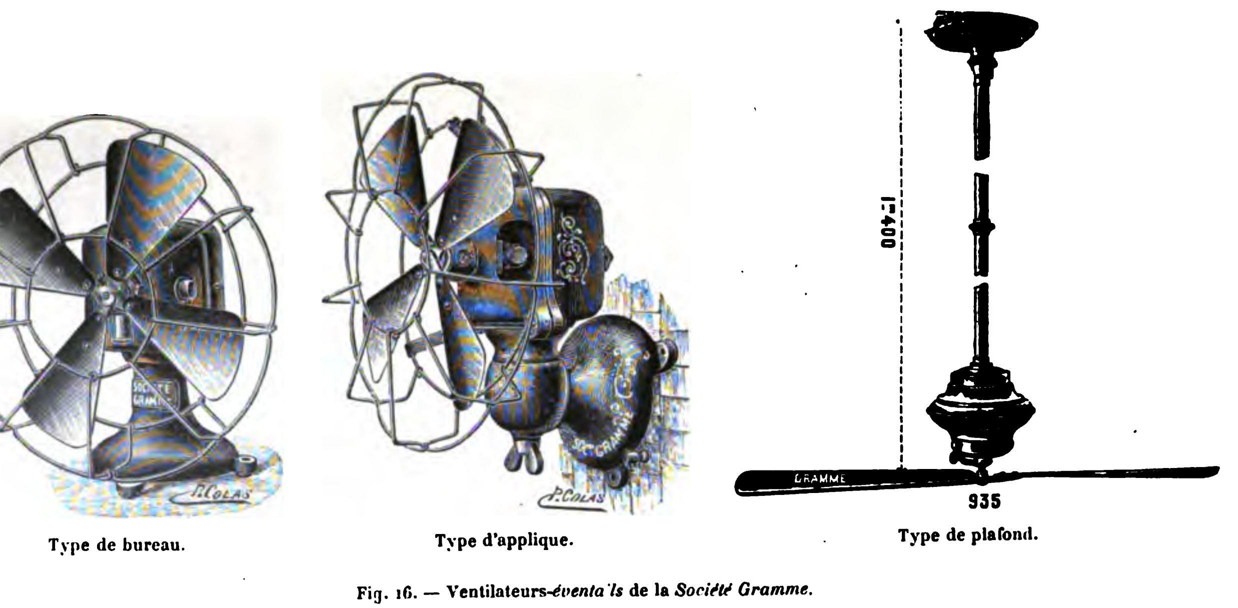


Fig. 15. — Ventilateur-*éventail* de la *Compagnie Edison*.

Modèle de 10 kgm/s ; échelle $\frac{1}{4}$.

38. — Les formes et les puissances de ces petits ventilateurs-éventails sont des plus variées.

Comme, en général, le courant qu'ils réclament ne dépasse



Type de bureau.

Type d'applique.

Type de plafond.

Fig. 16. — Ventilateurs-*éventails* de la *Société Gramme.*

pas 1 à 2 ampères, on peut les employer n'importe où, à la place d'une ou deux lampes à incandescence, à l'aide d'un cordon souple et d'une prise de courant. La figure 16 donne encore quelques modèles de ventilateurs-éventails de la maison Gramme.

L'un des modèles peut être placé sur une console; un autre peut être appliqué sur une muraille et le troisième suspendu au plafond.

Ils prennent, sous 110 volts, un courant de 0,5 à 0,35 ampères (cette dernière intensité pour le ventilateur de plafond), avec une vitesse d'environ 1 500 tours par minute pour les deux premiers modèles et de 200 tours pour le ventilateur de plafond.

Les deux premiers modèles sont munis de dispositifs permettant d'obtenir plusieurs vitesses.

39. — On voit dans la figure 17 un petit ventilateur placé dans un tambour, destiné à être encastré dans une cloison et à servir ainsi d'aspirateur.

Le moteur électrique a deux électros inducteurs E, E, excités en série, armés de masses polaires P, P embrassant l'induit I.

Celui-ci est un anneau Gramme dont l'axe est parallèle à l'axe des électro-aimants inducteurs et porte directement les ailettes V du ventilateur.

Dans le modèle représenté, le diamètre des ailettes est de 30 cm; le diamètre du tambour est de 31 cm et sa hauteur de 32 cm.

Une porte F permet de fermer le tambour; cette fermeture rompt en même temps le circuit de l'électromoteur; le circuit est fermé par l'ouverture de la porte.

Ce petit ventilateur absorbe 1,5 ampère, sous 80 volts, et débite 2 000 m^3 d'air par heure, sous une pression de 2 mm d'eau.

40. — La figure 18 représente un petit ventilateur pouvant

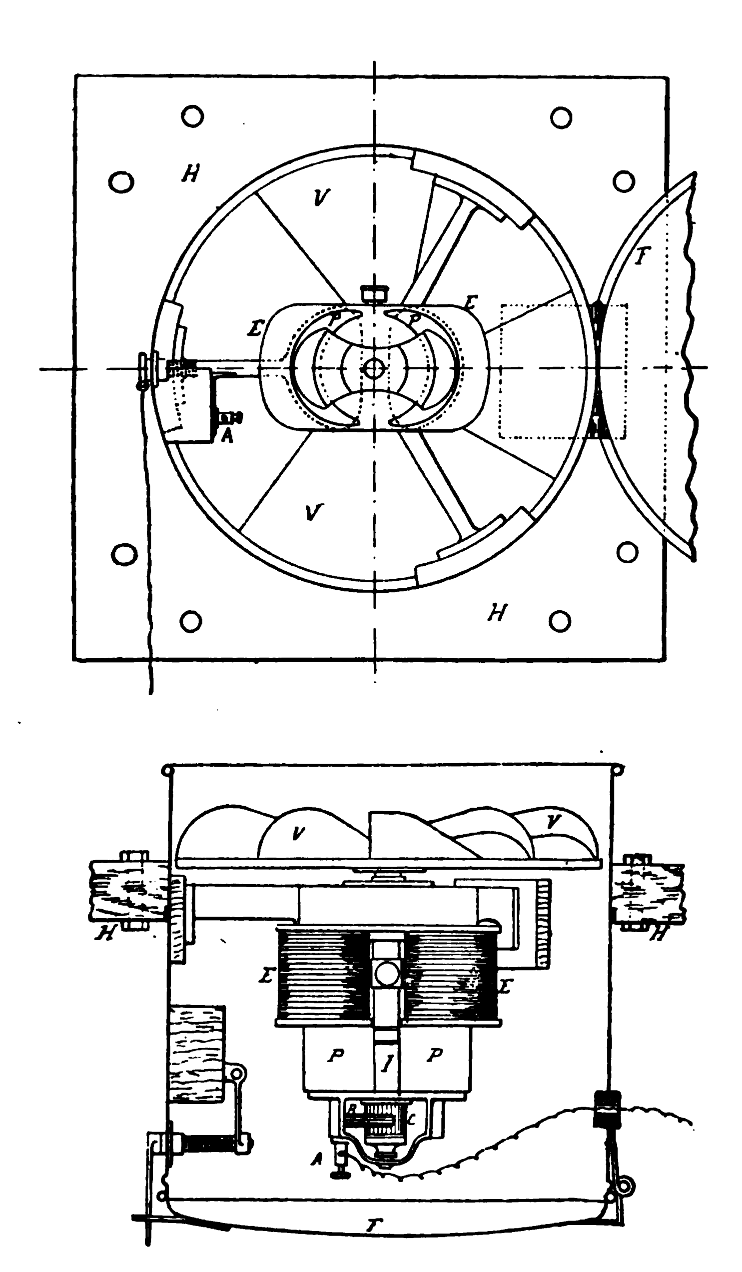


Fig. 17. — Petit ventilateur-aspirateur ; élévation et plan.

se suspendre au plafond d'une salle par un crochet. Les ailettes Z sont fixées à une cloche F, montée sur billes en T, et qui est mise en rotation par le galet H′ de l'arbre H, commandé par l'axe de l'induit M du moteur. Le galet H′

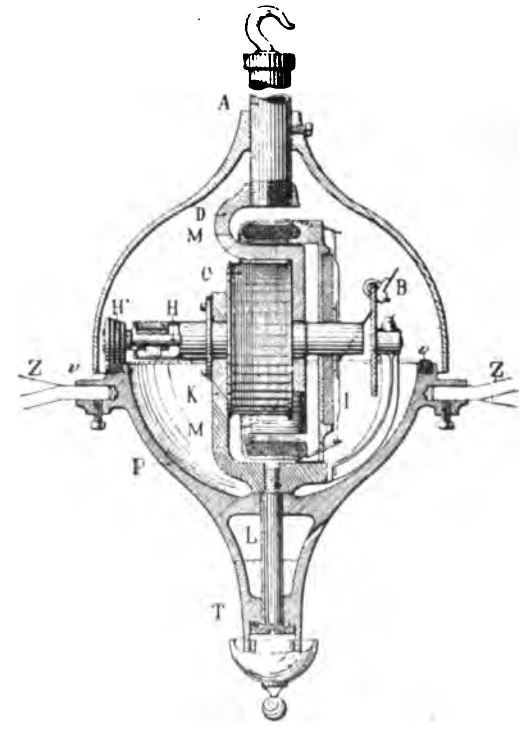


Fig. 18. — Ventilateur à suspension.

entraîne la cloche par son frottement sur une couronne de caoutchouc *v*.

L'électro-aimant inducteur unique C est muni à ses deux pôles de pièces polaires D et K, qui servent aussi de supports pour l'axe de l'induit. La tige de suspension A est reliée à la pièce polaire D, portant ainsi toute la dynamo ; d'autre part, la pièce polaire K porte la cloche mobile par l'intermédiaire de la tige L et des billes T.

L'anneau induit M tourne entre les deux pôles constitués par les pièces polaires D et K; il porte un collecteur à lames radiales I sur lequel viennent appuyer les balais B.

Le moteur est complètement protégé contre les chocs.

41. — On voit encore, dans la figure 19, un élégant petit ventilateur d'appartement, dont le moteur, type Lundell, est complètement enfermé dans une enveloppe sphérique en fonte.

Dans la coupe représentée par la figure 20, on distingue la bobine inductrice unique circulaire I, logée dans une boîte en fonte sphérique munie de deux projections intérieures formant les pièces polaires; cette bobine inductrice enveloppe complètement l'induit M qui est un tambour Siemens denté et dont l'axe est monté sur billes T. Les balais sont en charbon.

Ce moteur très simple, construit en vue d'un démontage facile, est en quelque sorte *cuirassé* contre les chocs extérieurs. On le construit depuis $\frac{1}{16}$ de cheval.

Fig. 19. — Ventilateur à suspension, type Lundell. — Vue d'ensemble.

42. Mode d'excitation et manœuvre des ventilateurs. — Les ventilateurs électriques de petit modèle sont toujours excités en série; il en est souvent de même des ventilateurs de moyenne puissance. Dans ce

cas, leur mise en marche s'effectue, le plus souvent, simplement par la fermeture du circuit, à l'aide d'un conjoncteur quelconque; le faible moment résistant au repos et l'absence de transmissions permettent un démarrage instantané et un rhéostat est presque toujours inutile. D'ailleurs, il n'est guère nécessaire de faire varier la vitesse, puisque le ventilateur peut être aisément stoppé, si l'on trouve la ventilation momentanément trop active.

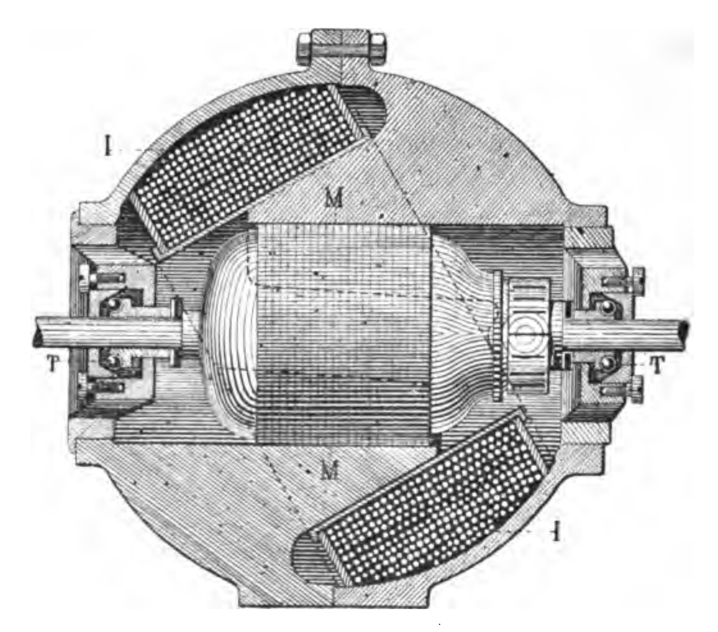


Fig. 20. — Ventilateur à suspension, type Lundell. Coupe du moteur électrique.

Cependant, quelques petits ventilateurs portent des dispositifs permettant de réduire la vitesse; ils sont le plus souvent illusoires, l'effet d'un de ces petits ventilateurs étant pour ainsi dire nul quand sa vitesse n'est pas très grande.

Les grands ventilateurs sont parfois encore excités en série; mais, le plus souvent, ils sont excités en dérivation.

Presque toujours, ils sont accompagnés d'un rhéostat de démarrage, leur inertie plus grande retardant l'accélération de la vitesse. Dans beaucoup de cas, en particulier pour les ventilateurs des machines et des chaufferies, des changements de vitesse sont prévus; on les obtient soit à l'aide du rhéostat de démarrage, soit par un des procédés que nous avons étudiés dans le premier volume de cet ouvrage. Nous indiquerons ici quelques dispositifs particuliers rencontrés sur certains navires.

43. — A bord du *Sully*, les ventilateurs de 40 000 m³ des machines et des chaufferies sont entraînés par des moteurs

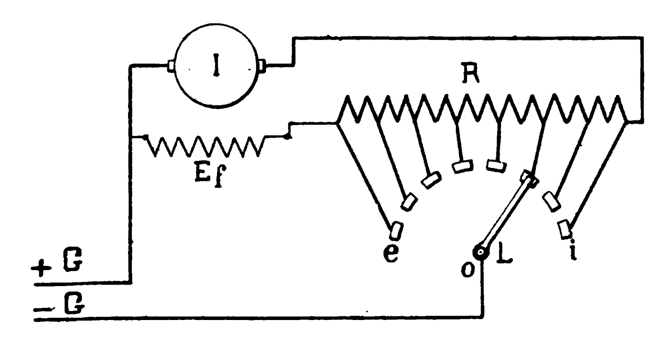


Fig. 21. — Commutateur de manœuvre d'un ventilateur de chaufferie.

électriques excités en dérivation. Un commutateur bipolaire à deux directions permet de prendre le courant soit sur un circuit de tribord, soit sur un circuit de bâbord du navire. Un rhéostat de démarrage à 8 plots permet une mise en marche progressive. Le courant arrive de la source par l'axe O du levier de manœuvre L (*fig. 21*). L'induit I est relié au dernier plot *i* du rhéostat R, tandis que l'inducteur E*f* est relié au premier plot *e*. A la mise en marche, le levier du rhéostat étant à gauche sur le plot *e*, toute la résistance du rhéostat est dans le circuit de l'induit. Si l'on amène progressivement le levier de *e* vers *i*, la résistance introduite dans le circuit de l'induit diminue jusqu'à s'annuler, tan-

dis que la résistance du rhéostat est introduite peu à peu dans le circuit inducteur.

Par cette disposition, on peut obtenir, avec un flux inducteur maximum, un démarrage franc, malgré une baisse possible de la différence de potentiel entretenue par la génératrice.

Le démarrage effectué, l'augmentation de vitesse résultera à la fois de la réduction de la résistance dans le circuit de l'induit et de la diminution de flux inducteur par l'introduction de la résistance dans le circuit des électro-aimants.

On peut évidemment obtenir le même résultat à l'aide d'un rhéostat d'excitation séparé. Mais la disposition que nous signalons ici est simple.

44. — Sur quelques navires (*Iéna*), les ventilateurs des machines et des chaufferies sont excités en dérivation. Ils sont groupés symétriquement deux par deux et on peut leur donner trois allures, en couplant leurs induits en tension ou en quantité, et en introduisant une résistance dans leur circuit.

Nous avons représenté dans la figure 22 une vue extérieure du tableau de couplage et dans la figure 23 un schéma des connexions. Le tableau de couplage comprend :

1° Un *commutateur de mise en marche* dont le manipulateur A peut faire communiquer le secteur N, c'est-à-dire le pôle positif de la source, d'abord avec le secteur K, origine des circuits d'excitation E_1 E_2 des deux moteurs, et ensuite avec une série de plots *p*, reliés à un *rhéostat de démarrage* R;

2° Un *commutateur de couplage*. Son manipulateur B porte aux extrémités deux frotteurs isolés permettant d'établir des communications entre deux groupes de secteurs concentriques, suivant le couplage cherché. Le secteur supérieur est divisé partiellement en une série de plots qui

fractionnent un *rhéostat de réglage* R'; les autres secteurs sont reliés aux induits comme le montre la figure 23.

On ne peut passer à la grande vitesse, c'est-à-dire placer

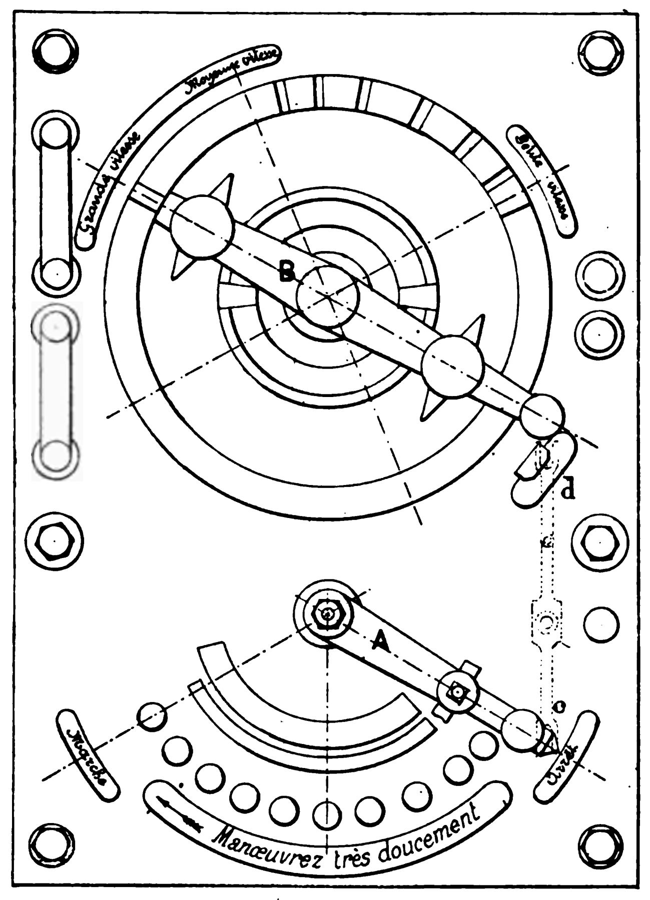


Fig. 22. — Tableau de couplage des ventilateurs des machines et chaufferies (*Iéna*); vue extérieure.

le manipulateur B sur cette indication, qu'autant que le manipulateur A a été ramené sur *arrêt*. Il existe, en effet, un verrouillage mécanique dû au taquet à gorge *d*. Ce taquet est à l'extrémité d'un levier du premier genre dont l'autre

extrémité porte un bouton en saillie *c*. En revenant à la position d'arrêt, le levier A presse sur ce bouton, écarte du tableau le taquet *d*, dont la gorge laisse passer B (*fig.* 22).

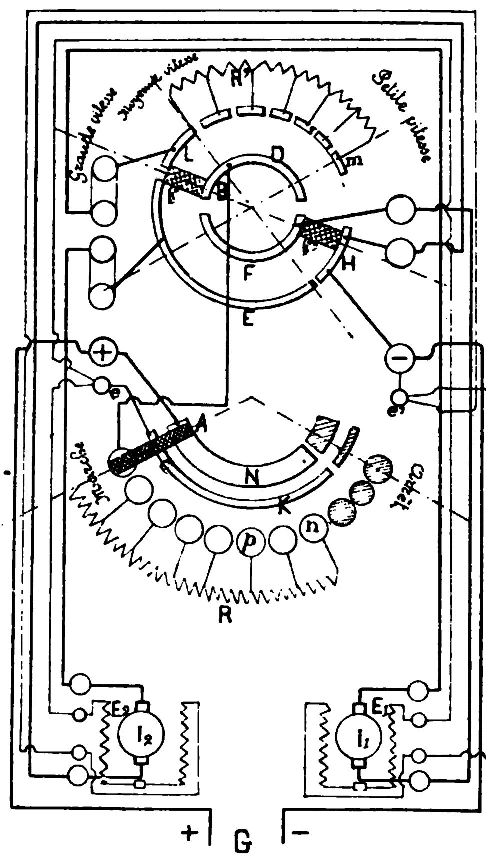


Fig. 23. — Tableau de couplage des ventilateurs des machines et chaufferies (*Iéna*); schéma des connexions.

La figure 23 montre que si le manipulateur B est sur *Petite vitesse* et si le manipulateur A, primitivement sur *Arrêt*, est déplacé vers la gauche, l'excitation est d'abord obtenue pour les inducteurs E_1 et E_2 des deux moteurs, qui sont et restent dérivés parallèlement entre les bornes *e* et *e'*,

et se trouvent alors reliés aux pôles + et — de la source électrique. Puis, le courant est lancé, à partir du plot *n*, dans le circuit des deux induits I_1 et I_2 couplés en tension par la position du levier B dans la position *Petite vitesse ;* dans cette position, en effet, le frotteur *f* met en communication le secteur D avec le premier plot *m* du rhéostat de réglage R′, et le frotteur *f′* met en communication le secteur F avec le secteur E. Les moteurs marchent à très *petite vitesse,* à cause de leur couplage en tension et de l'introduction des rhéostats R et R′ dans leur circuit ; la mise en marche à petite vitesse s'achève par le déplacement du levier A vers la gauche, qui supprime la résistance de démarrage R : on marche à *petite vitesse.*

Si maintenant on déplace le levier B en sens inverse des aiguilles d'une montre, jusqu'à ce que le frotteur *f* vienne porter sur le secteur L (position de la vitesse moyenne), on supprime successivement les sections du rhéostat R′, les induits étant encore couplés en tension ; on a alors la *moyenne vitesse.*

Pour obtenir la *grande vitesse,* on stoppe d'abord les ventilateurs en ramenant le commutateur A sur *Arrêt.* On libère ainsi le verrouillage du taquet *d* et on peut alors porter le manipulateur de couplage B dans la position : *Grande vitesse.* Si alors on reporte le manipulateur A d'abord sur *n,* puis à l'extrémité gauche de sa course, les deux induits sont couplés en quantité et toute résistance est supprimée de leur circuit. Dans la position du levier B marquée : *Grande vitesse,* on voit, en effet, que les secteurs L et E sont simultanément mis en communication avec le secteur D par le frotteur *f,* tandis que le frotteur *f′* met en communication F avec H ; cette position est celle de la figure.

Le verrouillage dont il a été parlé a pour but d'empêcher le passage brusque du couplage en tension au couplage en quantité, dont nous avons signalé les dangers possibles dans le premier volume (**314**).

45. — Sur certains navires (*Guichen, Gaulois*), le dispositif de manœuvre des ventilateurs de machines est assez compliqué. Chaque machine est ventilée par un groupe de deux ventilateurs débitant 40 000 m³ par heure, tous deux excités en série, l'un aspirant l'air chaud, l'autre refoulant l'air frais. Dans chaque groupe, l'un des ventilateurs (n° 1) peut être entraîné par un moteur à vapeur, par l'intermédiaire d'engrenages. Le moteur électrique fonctionne alors comme génératrice et le courant ainsi créé passe dans l'électromoteur du second ventilateur (n° 2) et fait tourner celui-ci électriquement.

En second lieu, on peut faire fonctionner le ventilateur n° 1 à la vapeur et le ventilateur n° 2 électriquement, mais en empruntant le courant à la canalisation générale du navire, alimentée par les dynamos d'éclairage.

On peut également débrayer le moteur à vapeur et faire fonctionner le ventilateur n° 1 électriquement, en même temps que le ventilateur n° 2, en les branchant tous les deux en dérivation sur la canalisation du bord.

Enfin, pour réduire la vitesse, on peut mettre les deux ventilateurs en tension et brancher l'ensemble sur la canalisation du bord.

Un tableau de distribution spécial permet, au moyen d'un certain nombre de commutateurs, d'effectuer les diverses combinaisons indiquées ci-dessus.

46. Graissage des ventilateurs. — Le graissage des ventilateurs doit être étudié soigneusement, à cause de leur grande vitesse de rotation, d'une part, et de la longue durée du service qu'on exige d'eux à bord, d'autre part. D'ailleurs, si le graissage doit assurer d'une manière parfaite la lubrification des parties frottantes, il faut prendre garde que l'huile ne se répande dans les parties de l'appareil pour lesquelles sa présence ne pourrait être que préjudiciable, l'induit et l'inducteur du moteur électrique, par exemple. Lorsqu'il s'agit de grands ventilateurs, le grais-

sage s'effectue souvent au moyen d'une petite pompe centrifuge placée à la partie inférieure de l'appareil. Cette pompe aspire l'huile contenue dans une cuve, à travers une crépine, et la refoule ensuite au palier supérieur; une soupape à pointeau permet de régler le débit. L'huile descend ensuite dans le palier inférieur et de là, par un trop-plein, à la cuve d'aspiration.

On évite les projections d'huile des paliers supérieurs dans le moteur électrique, à l'aide de sortes de parapluies montés sur l'arbre.

Dans tous les cas, l'emploi des billes dans les paliers permet de diminuer les frottements.

Malgré toutes ces précautions, il arrive encore souvent que le graissage se montre insuffisant et que les paliers des gros ventilateurs chauffent quelque peu, au bout d'un certain temps de fonctionnement. L'effort résistant augmentant, l'*intensité* du courant pris par le moteur augmente; c'est là un excellent moyen de s'assurer que des frottements anormaux se manifestent; l'intensité du courant monte ainsi parfois de 10 à 15 ampères.

CHAPITRE III

POMPES ÉLECTRIQUES

47. Avantages de l'emploi du courant électrique pour actionner les pompes, à bord des navires. — Comme les ventilateurs, les pompes électriques sont bien appropriées au service des navires. Non pas que la substitution du courant électrique à la vapeur, pour actionner les pompes, doive nécessairement procurer quelque avantage économique, ou une diminution du poids des appareils; l'emploi de l'électricité est, le plus souvent, onéreux et conduit parfois à des appareils plus pesants. Mais le problème doit être posé tout autrement. En dehors des pompes de circulation des machines principales, pompes qu'il serait illogique d'actionner électriquement, des pompes très importantes existent à bord des navires, pour l'épuisement de l'eau qui peut envahir les fonds, en cas d'avarie intéressant la coque. Jusqu'à ces dernières années, ces pompes étaient exclusivement actionnées à la vapeur, ce qui en rendait difficile la division et obligeait de les placer en des endroits pas trop distants du centre producteur de l'énergie, c'est-à-dire des chaufferies. Des drains collecteurs, munis de vannes, permettaient aux pompes, puissantes et en petit nombre, d'épuiser l'eau des divers compartiments du navire. Il est inutile de faire ressortir que la sécurité d'un pareil système est subordonnée au bon fonctionnement des vannes et des joints des drains.

L'emploi du courant électrique pour actionner les pompes d'épuisement permet d'en multiplier le nombre et de les placer, sans aucune difficulté, en des endroits quelconques,

les plus convenables pour assurer le service. Le système idéal consiste dans l'établissement d'autant de pompes électriques qu'il y a de compartiments importants dans les fonds du navire, chacune d'elles pouvant, à l'aide d'un tuyautage simple, épuiser l'eau soit du compartiment qui lui est spécialement attribué, soit du compartiment voisin ; une grande sécurité résulterait d'un système ainsi généralisé.

En outre de la possibilité de répartir en grand nombre, dans le navire, les pompes d'épuisement, un autre avantage résulte de l'emploi du courant électrique. La mise en marche et le stoppage des pompes électriques peut se faire aisément d'un endroit quelconque, la *commande* d'une manœuvre *à distance* rentrant dans la spécialité du courant. Bien plus, les pompes étant destinées soit à remplir, soit à vider un récipient, on peut imaginer aisément tel dispositif que l'on jugera convenable, pour que le moteur se mette en marche, ou stoppe automatiquement, lorsque le niveau du liquide atteint un point déterminé.

Les moteurs électriques peuvent être encore, aussi bien qu'aux pompes d'épuisement, appliqués avec avantage à des pompes de service destinées, par exemple, à remplir un château d'eau d'eau de mer, pour l'incendie, ou un réservoir d'eau douce pour les divers besoins du bord. Nous allons examiner quelques-unes de ces applications particulières.

48. Pompes à piston. — Lorsque les pompes actionnées par les moteurs électriques sont à piston, la transformation du mouvement de rotation, généralement très rapide, du moteur, en un mouvement rectiligne alternatif, complique l'installation par la nécessité d'introduire des bielles et des engrenages. De plus, les pompes à piston créent des moments résistants très variables. Aussi les pompes électriques à piston sont-elles peu nombreuses à bord des navires.

Nous citerons d'abord les premières employées à bord du *Du Chayla* et du *Cassard;* ce sont des pompes Thirion.

pour l'incendie et l'épuisement, actionnées par l'intermédiaire d'une *courroie*.

Le moteur tournant à une vitesse de 1 200 tours environ et prenant 15,6 ampères, sous 76 volts, la pompe a élevé 11 500 litres d'eau, par heure, à 15 mètres, dont 4 d'aspira-

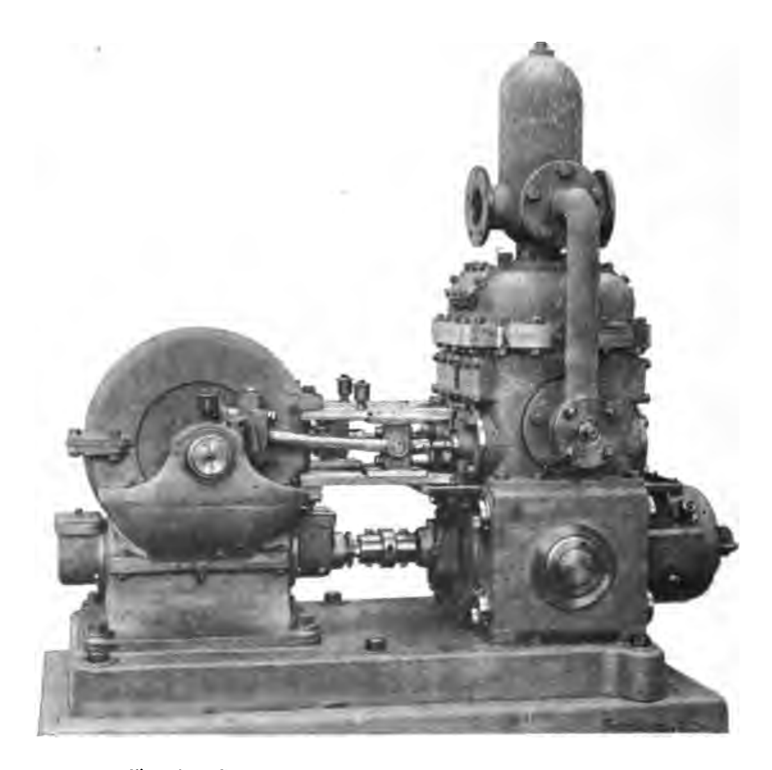


Fig. 24. — Pompe électrique à piston de la maison *Coffinhal.*

tion. Le rendement en eau élevée est 0,41 pour l'ensemble. L'excitation des inducteurs est faite en dérivation ; la commande du moteur est effectuée à l'aide d'un rhéostat placé sur le circuit de l'induit. Un rhéostat d'excitation est aussi installé sur le circuit inducteur et permet, dans une certaine mesure, de modifier le régime de marche. Le service spécial

de la pompe exige que le fonctionnement en puisse être réglé, à volonté, instantanément.

49. — Les diverses tentatives faites pour substituer l'électricité à la vapeur dans l'actionnement des pompes à piston à eau, ou des pompes de compression pour l'air, ont montré qu'à égalité de puissance le poids et le prix étaient considérablement augmentés, lorsqu'on employait l'électricité.

A ce point de vue, l'emploi du courant n'est pas satisfaisant.

Nous devons toutefois signaler que des pompes électriques à piston ont été établies par la maison *Couffinhal* pour la *Patrie*, la *Justice* et la *Démocratie*. La figure 24 représente une de ces pompes.

50. — Nous devons une mention spéciale aux petites pompes de compression employées pour conserver l'eau en pression sous le pivot des tourelles cuirassées, manœuvrées électriquement; ce sont les pompes dites de *presse-pivot*, installées sur un certain nombre de navires (*Jauréguiberry*, *D'Entrecasteaux*, *Saint-Louis*). Lorsque l'eau manque dans la presse-pivot, par suite de fuites, la pompe se met *automatiquement* en marche et elle stoppe lorsque l'eau est en quantité suffisante.

Voici quelques données de fonctionnement de ces pompes:

Débit: 220 litres par heure;

Pression: 60 kilogrammes;

Puissance électrique dépensée par le moteur: 1 100 watts;

Rendement: 0,37.

La figure 25 représente une vue d'ensemble d'une de ces pompes, construite par la maison *Sautter et Harlé*. Le moteur électrique a comme induit un anneau Gramme; son inducteur est bipolaire, avec un seul électro-aimant à mâchoires embrassant l'induit. Il entraîne, à l'aide d'une vis

sans fin, d'une roue striée et de deux excentriques, les pistons des deux corps de pompe placés à droite et à gauche.

La pompe est placée sur un socle terminant la tige du piston plongeur de la presse-pivot. Le poids du piston plongeur, du socle et de la pompe elle-même équilibre le poids de la tourelle ; une partie du poids mort ordinaire a donc ici été remplacée par le poids actif de la pompe. La pompe

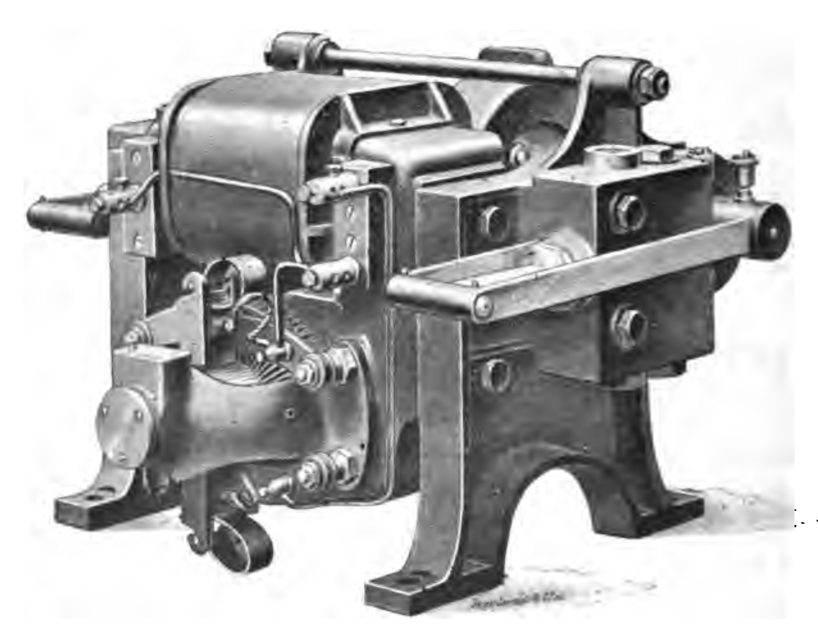


Fig. 25. — Pompe de *presse-pivot*, système *Sautter et Harlé*.

monte et descend avec le piston plongeur, et c'est par l'intérieur de la tige creuse de ce piston que l'eau refoulée pénètre sous le piston.

Naturellement, le piston et la pompe qu'il supporte descendent lorsque la quantité d'eau sous le piston diminue, et ce piston remonte lorsque, la pompe fonctionnant, la quantité d'eau augmente. Ce sont ces mouvements de descente et de montée qui sont utilisés pour la mise en marche ou le

stoppage automatique de la pompe, aux moments propices, à l'aide d'un *commutateur à déclic* fort ingénieux (*Jauréguiberry*), ou par l'intermédiaire de *relais*, actionnés par des contacts placés à des hauteurs convenables (*D'Entrecasteaux, Saint-Louis*). Ces dispositifs sont dus à MM. Savatier et de Lagabbe, ingénieurs aux *Forges et Chantiers de la Méditerranée*.

51. — Une nouvelle forme d'application des pompes de compression a été inaugurée dans ces dernières années, sur le croiseur *Marseillaise*. Le gouvernail est manœuvré par une presse hydraulique, et la pompe de compression pour l'eau de cette presse est une pompe électrique à pistons. L'électromoteur est manœuvré à distance, à l'aide d'une *commande électrique*.

52. Pompes rotatives. — Les pompes rotatives sont merveilleusement appropriées à l'accouplement direct avec un électromoteur ; elles exigent, en effet, une grande vitesse de rotation, et l'effort résistant qu'elles développent est régulier. A puissance égale, le moteur électrique est moins encombrant qu'un moteur à vapeur. Le rendement des pompes rotatives était malheureusement assez faible et ne dépassait pas 40 °/₀, il y a peu d'années. Les pressions obtenues étaient fort limitées.

Aujourd'hui, on construit des pompes centrifuges donnant un rendement de 50 à 70 °/₀, suivant leur puissance. On a réussi également à obtenir des pressions comparables à celles des pompes à piston ordinaires.

Aussi l'emploi des pompes rotatives actionnées directement par un moteur électrique s'est-il développé à bord des navires de guerre depuis quelques années.

53. Pompes d'épuisement. — Sur un certain nombre de cuirassés (*Iéna, Suffren,* etc.), on a installé, pour l'épuisement de l'eau des cales, quatre pompes électriques de

1 000 tonneaux, deux à l'avant et deux à l'arrière. Ces pompes aspirent dans les puisards, où aboutissent les deux drains qui circulent d'un bout à l'autre du navire ; chacun

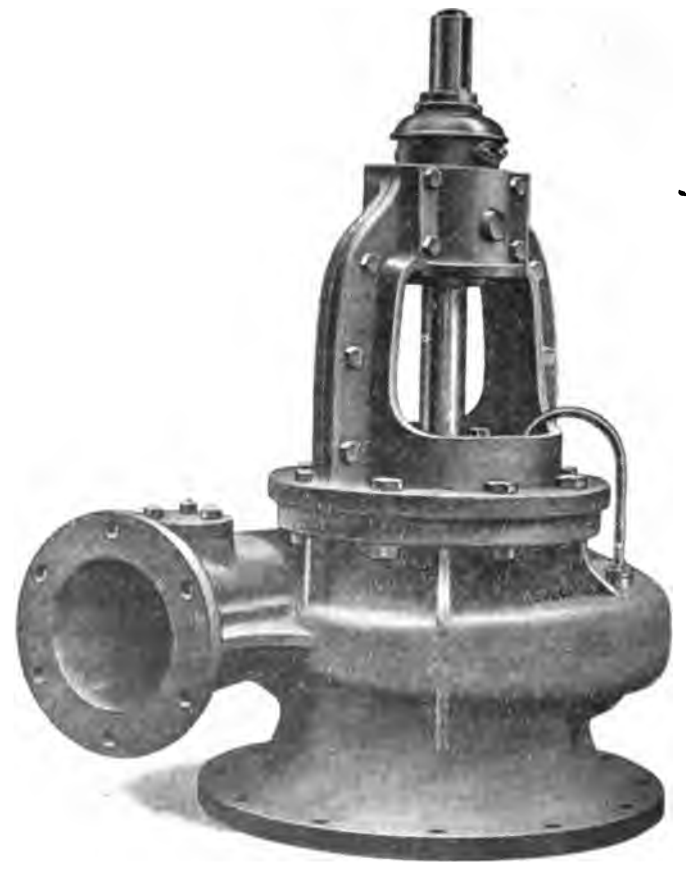


Fig. 26. — Pompe rotative *Rateau*, pour l'épuisement des cales, de la maison *Sautter et Harlé*.

des compartiments importants peut être mis en communication avec chacun des drains.

54. Pompe de 1 000 tonnes. — La pompe, du système centrifuge Rateau, construite par la maison *Sautter et Harlé*,

est à axe vertical, la turbine hélicoïde plongeant dans le puisard. La figure 26 montre une vue de la pompe rotative

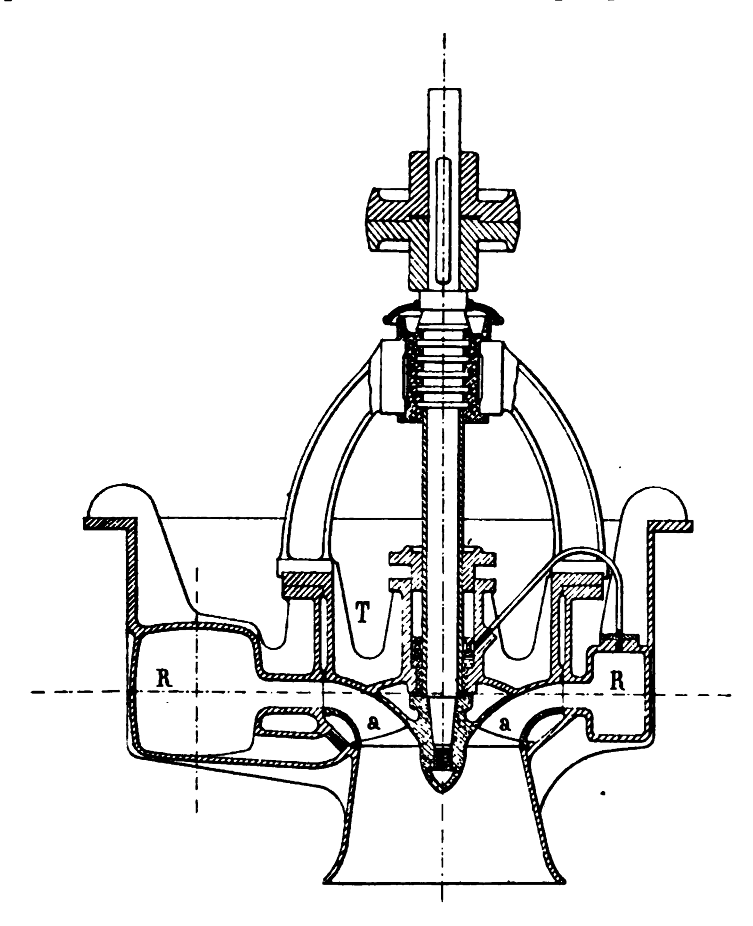


Fig. 27. — Coupe, par l'axe, de la pompe rotative de 1 000 tonnes.

et la figure 27 une coupe verticale par l'axe ; on y voit la volute de refoulement R et la turbine T avec ses ailettes *a*.

55. *Moteur*. — Le moteur électrique représenté en coupes dans la figure 28, est du type blindé à quatre pôles.

L'inducteur comprend quatre électro-aimants principaux E et quatre électro-aimants auxiliaires ***redresseurs de champ e;*** l'excitation des électros principaux est faite en dérivation; les enroulements des électros redresseurs sont en parallèle entre eux et l'ensemble est en série avec l'induit (*fig. 28*).

L'induit I est du système Brown, à tambour en série. Le noyau denté porte 96 barres; à une extrémité est un collecteur C à 48 lames, à l'extrémité opposée est un connecteur C'. Quatre balais en charbon à calage fixe appuient sur le collecteur, à 90° l'un de l'autre; les balais diamétralement opposés sont réunis entre eux. Le moteur est représenté à part dans la figure 28; mais, bien entendu, son axe est le prolongement de l'axe de la turbine de la figure 27.

56. *Rhéostat liquide.* — La mise en marche progressive s'effectue à l'aide d'un rhéostat liquide, formé d'une cuve remplie d'eau salée en communication avec une des extrémités du circuit et d'un plongeur mobile en communication avec l'autre extrémité du circuit. La cuve est un cylindre en fonte C divisé en trois compartiments concentriques par des cloisons de même hauteur *c* (*fig. 29*). On y verse de l'eau douce (30 litres) additionnée d'eau de mer (5 litres); un bouchon de vidange *v* se trouve sur le côté. Le plongeur comprend un piston central *p* et trois parties concentriques *p'* d'inégale hauteur, qui peuvent pénétrer dans les compartiments de la cuve. Le plongeur est manœuvré au moyen de la vis V et du volant V'. Lorsque le plongeur est hors de l'eau, le circuit est interrompu; lorsqu'on l'abaisse, le piston, puis successivement les diverses parties concentriques *p'* plongent dans l'eau, augmentant progressivement la surface immergée et diminuant par suite la résistance du rhéostat. Lorsque le plongeur est à bout de course en bas, un contact *a* porté par le plongeur vient s'engager dans des peignes *a'* portés par la cuve, établissant ainsi une communication métallique directe sans

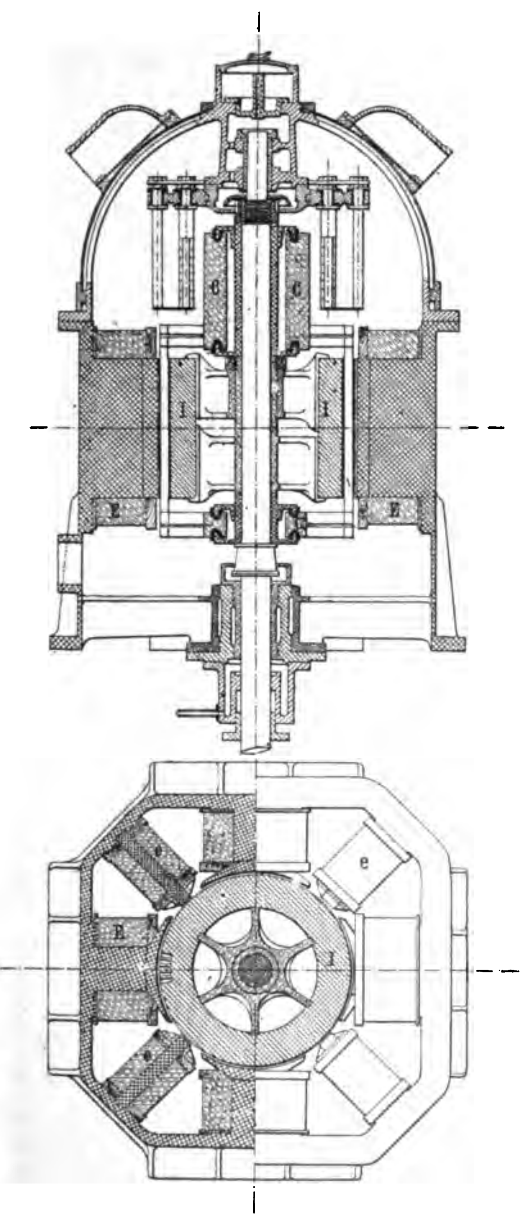


Fig. 28. — Coupes par l'axe et perpendiculairement à l'axe du moteur électrique actionnant la pompe de 1 000 tonnes.

résistance appréciable. En *b* et *b'* sont les bornes où on fixe les extrémités du circuit.

Pour la mise en marche, on agit naturellement avec ce rhéostat liquide comme nous avons dit qu'on faisait avec les rhéostats métalliques ordinaires, en prenant les précau-

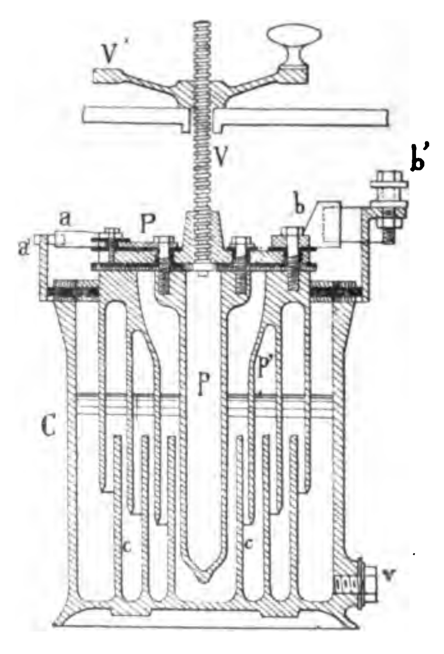


Fig. 29. — Rhéostat liquide pour la pompe électrique de 1 000 tonnes.

tions nécessitées par l'inertie considérable de l'appareil à entraîner (**I, 266**).

Il y a lieu de faire remarquer qu'un tel rhéostat liquide a une résistance assez variable ; l'évaporation de l'eau, la formation de la rouille rendent peu à peu le liquide plus conducteur et il faut en conséquence renouveler souvent ce dernier et nettoyer régulièrement la cuve.

57. — Nous donnons ci-après quelques caractéristiques

de construction et de fonctionnement de cette pompe puissante.

Résistance de l'induit.		0,002	ohm
Résistance de l'inducteur, fil fin.		19,04	ohms
Résistance des électros redresseurs.		0,0053	ohm
Différence de potentiel moyenne.		80	volts
Intensité moyenne		565	ampères
Vitesse moyenne.		570	tours/m
Hauteur totale de refoulement .		9,2	mètres
Débit moyen, par heure. . . .		1 070	m^3
Rendement		0,60	
Poids moyen.	Moteur électrique . .	1 928	kilogr.
	Pompe	920	—
	Accessoires	355	—

58. Pompe de 600 tonnes. — Nous donnerons encore quelques indications relatives aux pompes d'épuisement de 600 tonnes du *Sully* et de l'*Amiral-Aube* (A. Thirion).

Moteur. — Le moteur électrique (maison *Bréguet*) a un inducteur à quatre pôles constitués par quatre électros dont les noyaux N sont fixés radialement à une couronne circulaire. L'excitation est faite en dérivation. Une enveloppe en fonte formant bâti protège tout le moteur (*fig. 30*). L'induit I est un tambour genre Brown ; quatre balais en charbon *b* montés sur une couronne mobile et, par conséquent, à calage variable, sont réunis deux à deux diamétralement. Le bâti porte un palier P_1 guidant l'arbre vertical et une cuvette à billes D supportant une couronne en acier E rapportée sur l'arbre A. Un second palier-guide P_2 est à la partie supérieure. Le graissage du palier P_1 s'effectue au moyen d'un graisseur compte-gouttes g_1 qui amène l'huile par un tuyau T dans un réservoir R enveloppant la cuvette à billes ; l'huile ayant traversé le bâti tombe sur un para-

pluie F_1 et se rend à l'extérieur par un tuyau T'. Un graisseur g_2 et un parapluie F_2 accompagnent le palier supérieur.

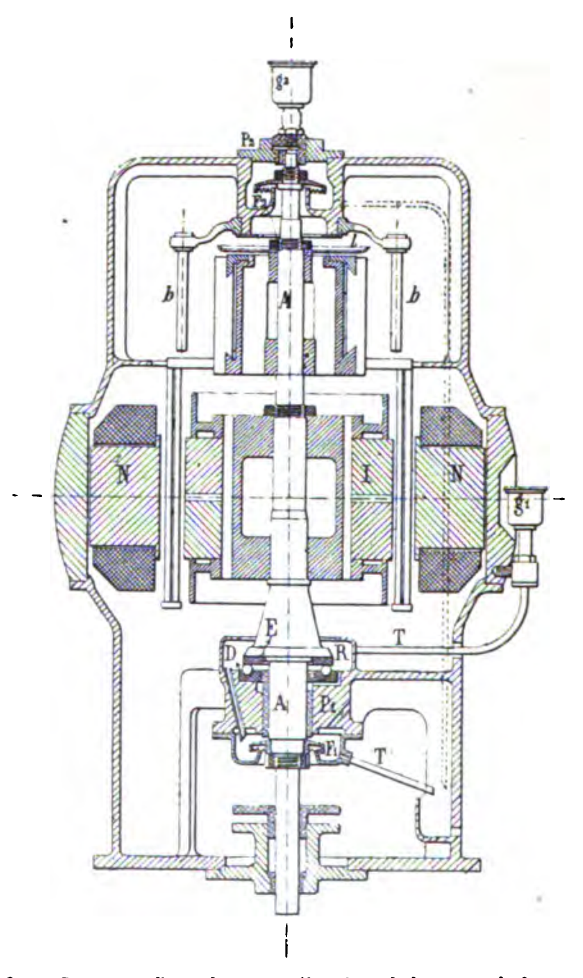


Fig. 30. — Coupe, par l'axe, du moteur électrique de la pompe de 600 tonnes.

59. *Turbine.* — L'axe vertical de l'induit est prolongé par l'axe de la pompe centrifuge, dont une coupe est représentée dans la figure 31. Elle est, comme la précédente, à

une seule turbine. On voit en A une pièce fixe nommée *amortisseur,* dont le but est d'amener graduellement l'eau entrant dans la turbine à prendre une direction perpendiculaire à l'axe. On diminue ainsi la poussée sur le centre de la turbine; l'amortisseur est pourvu d'ailettes fixes *a'* pour empêcher les tourbillons au centre de la turbine.

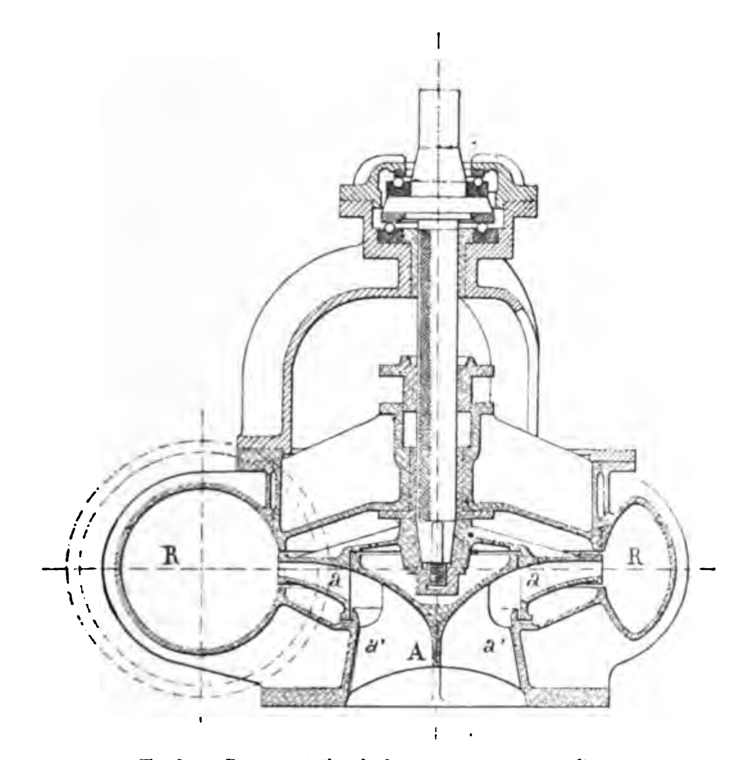


Fig. 31. — Pompe rotative de 600 tonnes ; coupe par l'axe.

Le refoulement R de la pompe a été muni d'un dispositif facilitant le réamorçage, dans le cas où la pompe s'est désamorcée, par l'expulsion de l'air comprimé dans la turbine pendant le désamorçage.

60. *Commande électrique à relais.* — La mise en route

du moteur électrique s'effectue à l'aide d'un rhéostat de démarrage pouvant servir en même temps de rhéostat de réglage pour la vitesse. Ce rhéostat est divisé en deux parties et chacune d'elles est éliminée du circuit successivement, ce qui peut donner trois vitesses. Au lieu d'agir directement sur le rhéostat à l'aide d'un commutateur, on opère par l'intermédiaire de *relais,* dont l'emploi est si fréquent aujourd'hui, à bord des navires de guerre, pour la commande des électromoteurs.

La figure 32 montre en plan et en coupe verticale un des deux relais utilisés. Un électro-aimant cuirassé A B D E peut agir sur un noyau de fer N dont la partie supérieure est mobile. La bobine E est enfermée dans un cylindre en fer A fermé au fond par une culasse en fer D et à l'entrée par un couvercle également en fer B ; le noyau N est fixé à un levier en bronze L mobile autour de l'axe O et qu'un ressort antagoniste R tend toujours à faire basculer de telle sorte que le noyau N monte et s'écarte de la partie fixe N' lorsque la bobine E n'est pas excitée.

A l'extrémité opposée au ressort, le levier L porte un pont métallique Q qui, lorsque le noyau N est attiré par la bobine E excitée, s'abaisse et vient appuyer sur deux contacts fixes et feuilletés P_f et P_f' ; ces contacts fixes sont isolés de l'ensemble du relais. Le contact entre les parties fixes et mobiles cesse lorsque le levier se *relève,* parce que l'électro-aimant n'est plus excité.

En outre, le levier L porte une paire de charbons mobiles C_m et C'_m montés dans des douilles *à ressort* qui, lorsque le noyau N est attiré, appuient sur les charbons fixes C_f et C'_f ; chacun des charbons mobiles est relié électriquement au pont Q et chacun des charbons fixes à l'un des contacts fixes métalliques P_f ou P'_f. La distance entre les charbons mobiles et fixes est réglée de telle sorte que le contact entre les charbons se produise avant le contact entre les parties métalliques mobiles et fixes et que ce dernier contact cesse au contraire avant le contact entre les charbons. L'étincelle

de rupture se produit alors entre les charbons, qui servent de *pare-étincelles* pour les parties métalliques assurant le contact principal. En résumé, le rôle du relais est d'établir

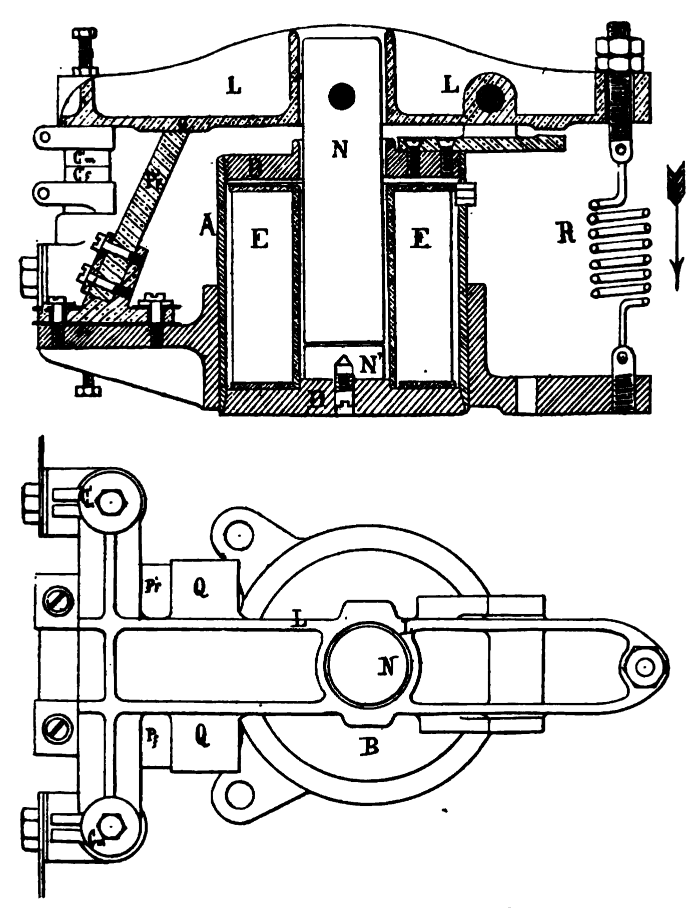


Fig. 32. — Relais pour la commande de la pompe de 600 tonnes.

une communication entre les plots fixes P_f et P'_f lorsque l'électro-aimant est excité et le levier L abaissé.

61. — Représentons schématiquement en I l'induit de

l'électromoteur, en R_1 et R_2 les deux fractions du rhéostat mises en circuit, en + G et — G les points où aboutissent les conducteurs du circuit desservant la pompe et venant des pôles positif et négatif de la génératrice (*fig. 33*). Un interrupteur bipolaire commande les deux conducteurs.

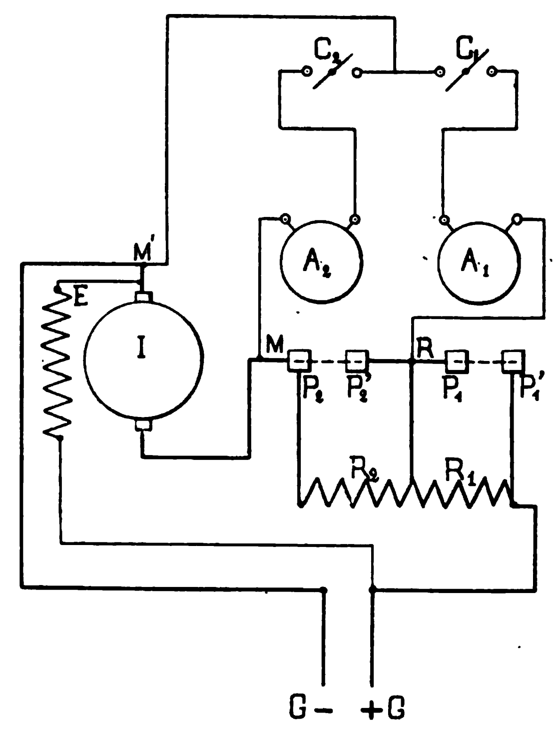


Fig. 33. — Schéma des connexions de la commande par relais d'une pompe de 600 tonnes.

L'inducteur en dérivation est figuré en E, la dérivation prise naturellement avant le rhéostat.

Les deux relais sont représentés en A_1 et A_2 et chacun d'eux en s'abaissant établit un pont entre les plots P_1 et P'_1, ou P_2 et P'_2, mettant ainsi en court-circuit soit la portion de résistance R_1, soit la partie R_2. L'une des extrémités de

l'enroulement des bobines des relais peut être reliée, par l'interrupteur C_1 ou par l'interrupteur C_2, au pôle négatif de la génératrice ; l'autre extrémité des enroulements devrait être reliée en permanence au pôle positif; mais ici, on a, pour une raison que nous indiquerons tout à l'heure, relié le fil de A_1 au point R séparant les résistances R_1 et R_2 et le fil de A_2 au point M directement en relation avec le balai du moteur électrique.

Pour mettre en marche le moteur, on ferme un interrupteur général non représenté ici; l'inducteur étant excité, le moteur démarre avec toute la résistance dans le circuit de l'induit. Lorsque la vitesse d'équilibre est atteinte, si on ferme l'interrupteur C_1 placé sur le circuit du relais A_1, ce dernier est excité, attire son noyau et établit le pont P_1 P'_1 mettant en court-circuit la résistance R_1 ; la vitesse de l'électromoteur augmente et il marche à moyenne vitesse; si ensuite on ferme l'interrupteur C_2, le relais A_2 étant à son tour excité établit le pont P_2 P'_2 et met en court-circuit le reste de la résistance R_2 ; le moteur tourne à grande vitesse.

Si la dérivation des relais avait été prise aux bornes + G et — G de la génératrice, le courant qui traverserait leurs enroulements, une fois les interrupteurs C_1 ou C_2 fermés, serait le même, que le rhéostat fût tout entier dans le circuit de l'induit du moteur ou qu'une fraction R_1 ou R_2 eût été éliminée, au moins en supposant à peu près invariable la différence de potentiel fournie par la génératrice. Dans ce cas, comme rien n'empêche de fermer les interrupteurs C_1 et C_2 à un moment quelconque, dans n'importe quel ordre et sans être astreint à opérer à des intervalles de temps déterminés, il pourrait arriver qu'une manœuvre des interrupteurs C_1 et C_2, faite trop rapidement après le démarrage et sans attendre que le moteur ait pris sa vitesse d'équilibre, entraînât une suppression trop rapide des résistances R_1 et R_2 et, par suite, une augmentation du courant excessive et dangereuse, quoique momentanée (**I, 266**). Au

contraire, si l'on prend, comme le montre la figure 33, la dérivation du relais A_1 entre M' (ou — G) et le point R, la résistance R_1 sépare ce point R du pôle positif + G ; dans cette résistance, se produit une chute de potentiel variable avec l'intensité du courant pris par l'induit du moteur, de sorte que le courant passant en A_1 est lui-même variable. Ainsi, supposons que les résistances R_1 et R_2 soient égales et que la résistance de l'induit I et des conducteurs reliant ces parties entre elles soit négligeable vis-à-vis de la résistance du rhéostat ; au démarrage, la différence de potentiel existant entre M' et R sera tout au plus égale à la moitié de la différence de potentiel entretenue par la source entre + G et — G, soit 40 volts environ, au lieu de 80, dans le cas ordinaire actuel. Encore faut-il ajouter que le courant de démarrage d'un fort moteur, comme celui qui nous occupe, entraîne presque toujours une diminution appréciable de la différence de potentiel fournie par la source. Une fois le moteur démarré, le courant pris par lui diminue progressivement et la différence de potentiel entre les extrémités de l'enroulement de A_1 (entre M' et R) augmente peu à peu jusqu'à atteindre une valeur égale à $D - iR_1$, en désignant par D la différence de potentiel fournie par la source, par i l'intensité prise par le moteur tournant en équilibre à petite vitesse, par R_1 la résistance de la portion R_1 du rhéostat. Supposons que dans le cas présent on trouve 60 volts pour la différence de potentiel entre M' et R. Dès lors, réglons la tension du ressort antagoniste du relais A_1 de manière que l'attraction du noyau ne se fasse franchement que pour un courant correspondant à une différence de potentiel notablement supérieure à 40 volts, mais inférieure à 60 volts (50 volts par exemple) ; on comprend que, tant que le moteur n'aura pas démarré, on aura beau fermer l'interrupteur C_1, le relais A_1 ne fonctionnera pas, puisque la différence de potentiel entre les extrémités de l'enroulement reste au plus égale à 40 volts ; on peut donc, si l'on veut, fermer à l'avance l'interrupteur C_1, la suppression de

la portion R_1 du rhéostat ne se produira qu'après le démarrage ; on peut même, par un réglage du ressort antagoniste, faire en sorte que le fonctionnement du relais A_1 ne puisse se produire que lorsque la vitesse du moteur s'est suffisamment rapprochée de la vitesse d'équilibre. On se rend compte d'ailleurs que, lorsque le relais A_1 a été ainsi actionné au moment où la suppression de la résistance R_1 est sans inconvénient, la différence de potentiel entre les extrémités de son enroulement monte brusquement, par suite de la suppression de R_1, et atteint la valeur D (différence de potentiel fournie par la source). Aussi, une fois le relais actionné, reste-t-il énergiquement abaissé, jusqu'à ce que son circuit soit ouvert par l'interrupteur C_1.

De la même manière, le relais A_2 est branché entre les balais du moteur M′ et M, c'est-à-dire après la portion de résistance R_2 qu'il est chargé d'éliminer du circuit. Après la fermeture de l'interrupteur général, et avant que le moteur se soit mis en marche, la différence de potentiel entre les points M et M′, extrémités de l'enroulement de A_2, est presque nulle, parce que l'intensité de démarrage est grande et que la résistance $R_1 + R_2$ sépare le moteur des pôles + G et — G de la génératrice, tandis que la résistance de l'induit est faible. Cette différence de potentiel augmente peu à peu lorsque le moteur a démarré, à mesure que la vitesse augmente, tout en restant d'ailleurs inférieure à la différence de potentiel aux extrémités du relais A_1. Lorsque ce dernier a fonctionné et que la résistance R_1 est supprimée, la différence de potentiel au relais A_2 monte brusquement, tout en restant inférieure à la différence de potentiel fournie par la génératrice ; la vitesse du moteur s'accélérant d'ailleurs aussitôt, la différence de potentiel aux balais, c'est-à-dire aussi au relais A_2 continue à s'accroître. Lorsque cette vitesse aura pris une valeur suffisante, réglée par la tension du ressort antagoniste, le relais A_2 s'abaissera; si l'interrupteur C_2 est fermé, la résistance R_2 sera retirée du circuit et la différence de

potentiel au relais A_2 sera celle existant entre les pôles de la source + G et — G.

62. — Quelle que soit la manœuvre effectuée sur les interrupteurs C_1 et C_2, on voit donc que, si les ressorts antagonistes sont bien réglés :

1° Aucune résistance ne peut être retirée du circuit avant le démarrage et même avant que le moteur ait déjà pris une vitesse suffisante, plus ou moins rapprochée de la petite vitesse ;

2° Le relais A_2 ne peut s'abaisser qu'après le relais A_1 ;

3° Un certain temps s'écoule entre l'actionnement du relais A_1 et l'actionnement du relais A_2 ; ce n'est qu'après que l'accélération du moteur est déjà établie que le second relais peut s'abaisser à son tour.

Automatiquement, pour ainsi dire, se trouvent ainsi réalisées les précautions que nous avons recommandées pour la manœuvre des électromoteurs présentant une inertie assez considérable (tome Ier).

Ces pompes de 600 tonnes prennent, sous 80 volts, environ 300 ampères à la petite vitesse, 350 à la moyenne vitesse, 370 à la grande vitesse. Quand la pompe se désamorce, elle prend encore 110 ampères environ.

63. Pompes de service. — Les divers services, incendie, lavage, distribution d'eau douce, circulation dans les aéroréfrigérants, emploient des pompes rotatives de puissances variées. Nous donnerons des indications sur quelques-unes de ces pompes présentant des particularités.

64. Pompes Couffinhal. — En premier lieu, signalons les pompes de 30 tonnes du *Sully,* de la maison *Couffinhal,* dont le moteur électrique est muni de pièces polaires mobiles. Nous avons indiqué, dans le premier volume, les

avantages que présente, pour le réglage de la vitesse, la variation du flux inducteur, due à la modification de l'entrefer provoquée par le déplacement des pièces polaires (I, 303).

La figure 34 représente une vue d'ensemble du moteur électrique qu'on accouple directement à la pompe rotative et la figure 35 est une coupe du moteur électrique, perpendiculairement à l'axe de rotation. On voit dans cette der-



Fig. 34. — Moteur électrique bipolaire à pièces polaires mobiles, système *Couffinhal*; vue d'ensemble.

nière figure les deux noyaux de fer N et N' dont les extrémités formant pièces polaires embrassent l'induit I, qui est un tambour genre Siemens à rainures. Ces noyaux peuvent coulisser dans les bobines B et B' des électro-aimants inducteurs et à travers deux ouvertures pratiquées dans l'enveloppe C cuirassant le moteur. Un volant V agissant sur une vis V' permet, par l'intermédiaire des leviers articulés *l* et *l'*, d'écarter ou de rapprocher les noyaux de l'induit. Naturellement, les noyaux sont guidés par des glis-

sières à la partie inférieure. Un index extérieur permet de juger de la position des pièces polaires.

La pompe centrifuge est quelque peu différente par sa

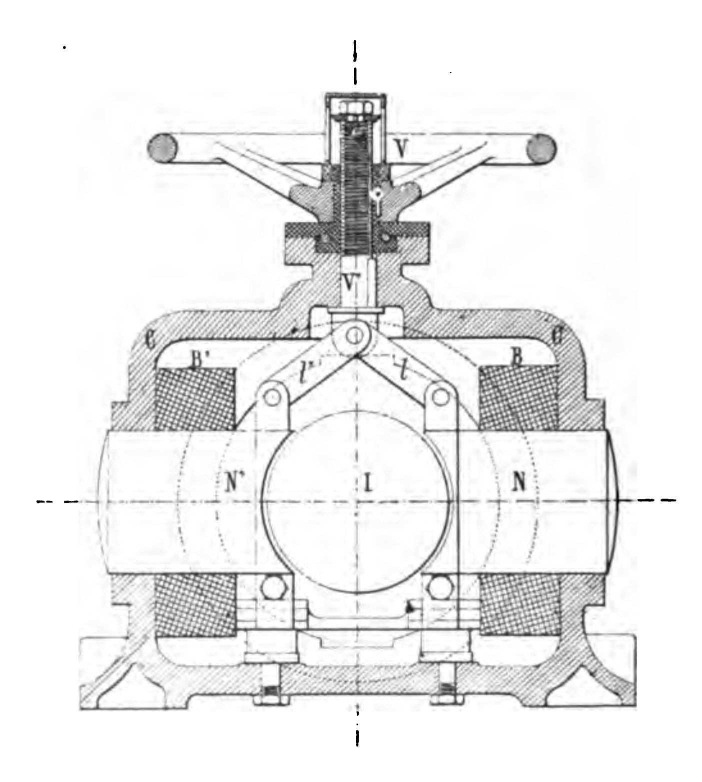


Fig. 35. — Moteur électrique bipolaire à pièces polaires mobiles de la maison *Couffinhal*; coupe perpendiculaire à l'axe de rotation.

forme des pompes précédemment examinées. La figure 36 en représente une coupe, parallèle à l'axe de rotation. Le conduit d'aspiration est divisé en deux branches A_1 et A_2 aboutissant chacune au centre de la turbine, au lieu de constituer une ouverture unique placée à l'extrémité de la turbine, comme dans les pompes précédentes. On peut dire

que cette pompe comprend deux turbines accouplées en *quantité* et refoulant *parallèlement* par le conduit R.

Le déplacement des pièces polaires n'est utilisé que pour faire varier la vitesse après le démarrage. Pour celui-ci, on

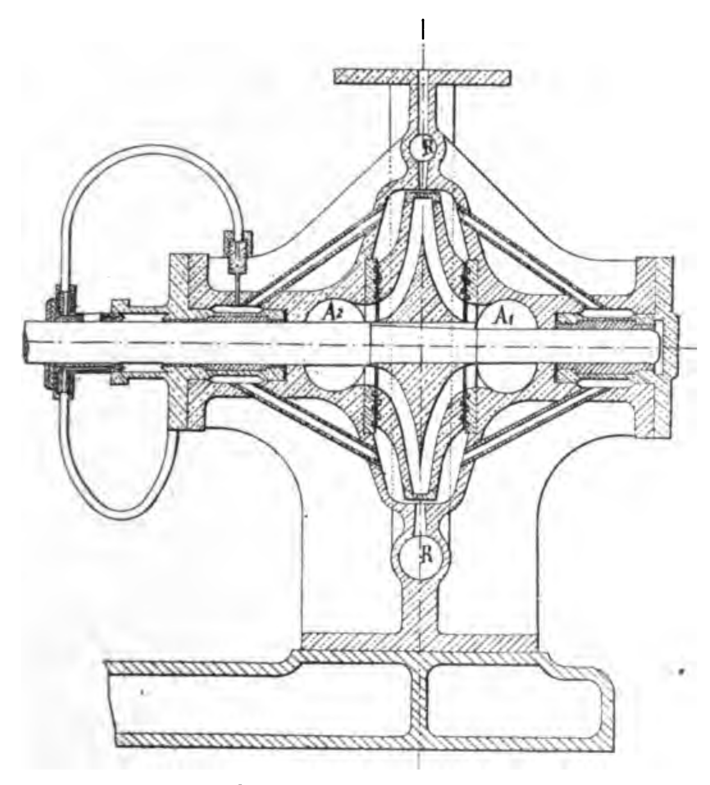


Fig. 36. — Pompe rotative *Coufflnhal* ; coupe par l'axe.

emploie un rhéostat. La mise en marche doit toujours s'effectuer avec les pièces polaires rapprochées autant que possible de l'induit, afin d'utiliser à ce moment le plus grand flux. Ce n'est qu'ensuite qu'on devra augmenter l'entrefer pour accroître la vitesse. Le moteur est d'ailleurs excité en dérivation.

Voici quelques résultats de fonctionnement pour cette pompe :

DIFFÉRENCE de potentiel au moteur.	INTENSITÉ du courant.	NOMBRE de tours par minute.	HAUTEUR d'aspiration.	HAUTEUR de refoulement.	VOLUME débité.	RENDEMENT.
Volts.	Ampères.		Mètres.	Mètres.	M³ par heure.	
77	65	989	5,0	9,5	68	0,56
78	115	1 202	7,3	14,5	86	0,59
76	50	1 204	1,5	18,4	28,8	0,42
76	122	1 285	6,0	19,5	80	0,625
78	155	1 499	7,1	23,5	86	0,62
76	125	1 516	3,4	32,5	52	0,62
76	135	1 626	2,8	37,5	46	0,515
78	120	1 790	1,6	43,5	32,7	0,45
77	145	1 882	1,7	48,5	34,2	0,44

65. — Nous avons encore représenté, dans la figure 37, un moteur *Couffinhal multipolaire,* dont la vitesse est variable, grâce à la mobilité des pièces polaires. Celles-ci sont manœuvrées simultanément, à l'aide d'une couronne portant un secteur denté qu'on fait mouvoir par vis et volant. Cette couronne passe dans la tête des noyaux des quatre électro-aimants inducteurs ; grâce à l'excentricité de certaines de ses parties, le déplacement du cercle éloigne ou rapproche les pièces polaires de l'induit.

66. Pompes Gramme. — La figure 38 représente une pompe rotative de la *Société Gramme,* mue par un moteur dont la vitesse est rendue variable par un procédé analogue à celui dont nous venons de parler.

Le dispositif de manœuvre est représenté schématiquement par la figure 39. Un volant V permet de mettre en mouvement, par l'intermédiaire d'une roue dentée R, des pignons P. Ces pignons forment écrous fixes pour la tige filetée T de broches en fer F, pénétrant dans des trous prati-

qués dans les noyaux N des inducteurs du moteur électrique, dont l'induit est en I. Les broches F pouvant ainsi pénétrer plus ou moins profondément dans les trous diminuent ou augmentent la réluctance du circuit magnétique ; par suite, la vitesse du moteur électrique est diminuée ou



Fig. 37. — Moteur électrique multipolaire à pièces polaires mobiles, système *Couffinhal;* vue d'ensemble.

augmentée, comme par la variation de l'entrefer des moteurs précédents.

Dans un autre modèle, on a ménagé un entrefer assez considérable et, à l'aide d'un dispositif analogue au précédent, on y fait pénétrer plus ou moins des semelles en fer sous chaque noyau inducteur, réduisant ainsi la réluctance.

67. Pompes Rateau. — Certaines pompes de service, du système *Rateau,* présentent cette particularité qu'elles

se composent de roues à aubes montées *en série*. L'une des roues R (*fig.* 40) aspire l'eau par l'ouverture d'aspiration A

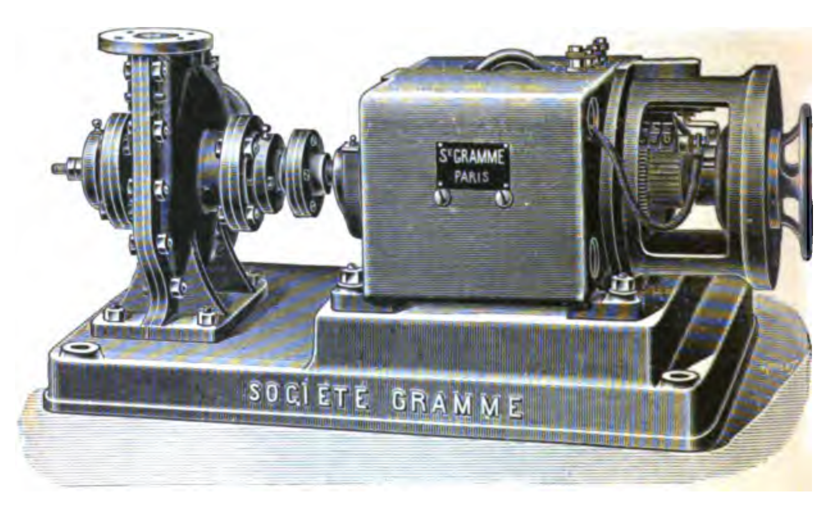


Fig. 38. — Pompe rotative électrique ; moteur à vitesse variable par variation de la réluctance ; système *Gramme*.

et la refoule dans un conduit C muni d'ailettes directrices où elle perd graduellement sa vitesse, sa puissance vive se

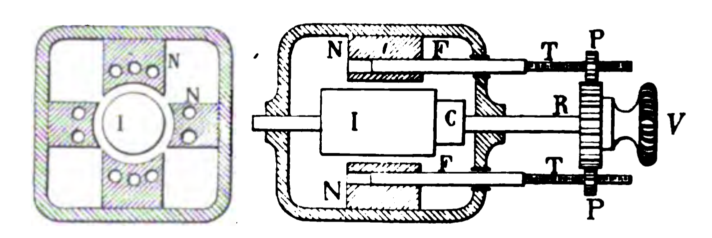


Fig. 39. — Schéma du dispositif de manœuvre des moteurs *Gramme* à réluctance variable.

transformant en pression. L'eau est alors prise par la seconde roue R′ qui lui redonne de la vitesse et la refoule par un conduit circulaire à section croissante D. La pres-

sion obtenue est proportionnelle au nombre des roues en série. On peut ainsi obtenir une grande pression sans accroître outre mesure la vitesse. Cette dernière a une limite pratique qu'on ne saurait dépasser sans compromettre la solidité mécanique des organes ; d'ailleurs, une vitesse exagérée nuit le plus souvent au rendement, en pro-

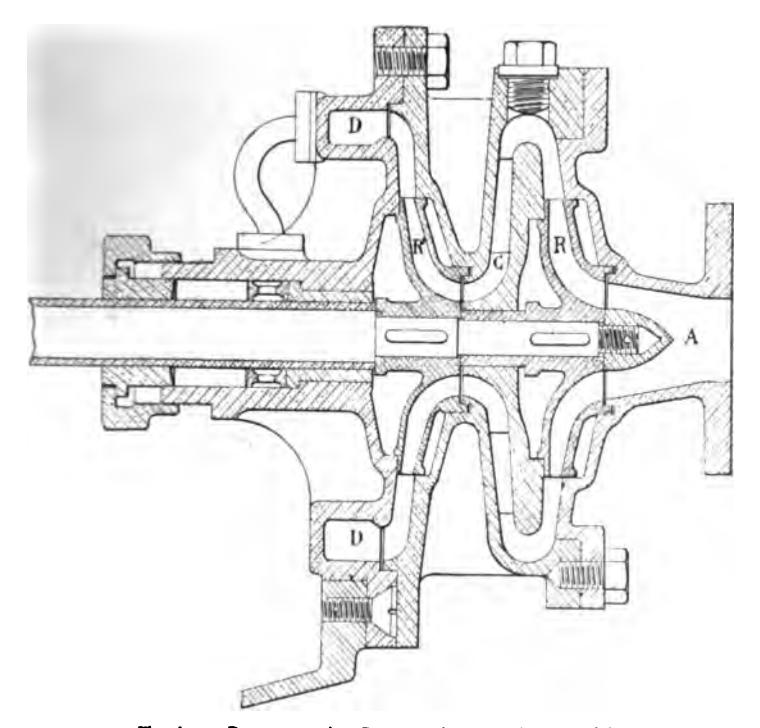


Fig. 40. — Pompe rotative *Rateau* à deux turbines en série.

voquant des phénomènes de cavitation dans la turbine. Un grand nombre de ces pompes Rateau à deux roues à aubes sont mues par un moteur électrique blindé à induit Gramme et à inducteur bipolaire excité en dérivation ; elles sont construites par la maison *Sautter et Harlé*.

68. — Le débit des pompes de service le plus couram-

ment employées varie de 1 500 litres (pompes à eau douce) à 30 tonnes (pompes pour l'incendie et le lavage), en passant par 3 à 4 tonnes (pompes à eau salée) et par 20 tonnes (pompes des aéroréfrigérants).

Les intensités de courant prises par les pompes Rateau sont respectivement égales, sous 80 volts, à environ 15 ampères pour 1 500 litres à l'heure et à 32 ampères pour 12 tonnes.

69. — Nous donnons encore dans la figure 41 une des

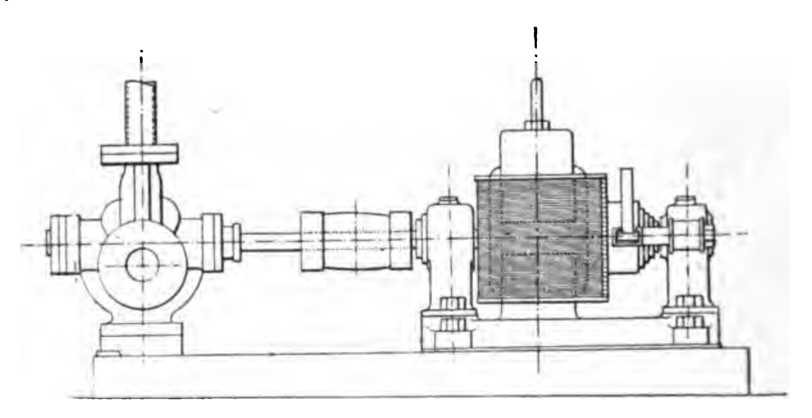


Fig. 41. — Pompe rotative à eau douce du *Du-Chayla*.

premières pompes installées comme pompes à eau douce, à bord du *Du-Chayla* et du *Cassard*. Elle débite 3 000 litres d'eau à l'heure. L'induit du moteur tourne à 2 500 tours par minute et prend 14 ampères environ, sous 80 volts. La marche de la pompe est commandée automatiquement par un flotteur. Le moteur a un induit Gramme et un inducteur bipolaire à deux électro-aimants verticaux réunis par des masses polaires en haut et en bas. La pompe rotative est du système Behrens.

CHAPITRE IV

APPAREILS ÉLECTRIQUES DE LEVAGE

---

§ 1. — Classification des appareils de levage électriques employés à bord des navires.

70. Généralités. — Les appareils électriques de levage ont reçu de très nombreuses applications, à bord des navires et en particulier des navires de guerre. Ils répondent à divers besoins que nous allons examiner successivement.

1° On peut vouloir monter un fardeau quelconque de la cale du navire, non pas à une hauteur fixe, mais à une hauteur suffisante pour qu'il puisse ensuite être descendu, par-dessus divers obstacles variables, soit sur le pont, soit dans un chaland accosté le long du navire. C'est le cas du déchargement, ou du chargement d'un navire. L'installation des treuils électriques destinés à remplacer les treuils ou grues ordinaires ne présente aucune difficulté sérieuse.

La manœuvre du monte-charge consiste alors à mettre en marche le moteur électrique pour la montée, par exemple, en prenant les précautions nécessaires pour le démarrage, telles que l'interposition d'un rhéostat dans le circuit de l'induit, et à stopper le moteur, au moment propice, en rompant le courant dans l'induit à l'aide d'un interrupteur convenable. Un dispositif approprié doit évidemment empêcher le fardeau de redescendre par son propre poids, le moteur une fois stoppé. On peut, par exemple, utiliser un rochet avec linguet de sûreté manœuvré en même temps que se produit l'interruption du courant dans l'induit. Un frein

manœuvré à la main, ou même un frein automatique, peut d'ailleurs servir dans le même but.

71. — Pour la descente, le courant doit être inversé dans l'induit, au moyen d'un commutateur-inverseur spécial pouvant être ou non combiné au rhéostat de démarrage ; les balais sont en charbon, si on ne veut pas avoir à y toucher pour l'inversion du sens de la rotation (**I, 236**). Comme à la montée, l'arrêt est produit par l'interruption à volonté du courant dans l'induit ; un linguet de sûreté, ou un frein, immobilise le monte-charge.

72. — Quelquefois, la descente peut s'opérer par le poids seul du porte-charge ; alors, ou bien le moteur électrique est débrayé, ou bien l'axe de l'induit reste embrayé et participe au mouvement inverse, sans y aider, le courant dans l'induit et aussi dans l'inducteur étant interrompu. Dans ce dernier cas, les balais doivent être en charbon, pour empêcher qu'ils ne soient rebroussés.

73. — Dans tous les cas, il bon de prévenir les accidents pouvant résulter d'une avarie dans le moteur électrique ou d'une rupture du câble de suspension du porte-charge. Le frein automatique que nous avons déjà mentionné peut parer aux avaries du moteur ; d'autre part, la rupture du câble peut actionner un système de sûreté par griffes empêchant la chute du fardeau, lorsque celui-ci monte dans une cage plus ou moins complètement fermée.

A bord des navires de guerre, les opérations de chargement et de déchargement du matériel se font encore à bras ; ceux-ci sont disponibles en grand nombre au moment de ces opérations, puisque le bateau ne marche pas et que tout exercice militaire est forcément suspendu pendant les périodes d'armement ou de désarmement du navire, ou même pendant le réapprovisionnement d'un bateau armé. Il est cependant une matière qu'il est nécessaire de monter

en grandes quantités du fond du navire sur le pont, pendant les périodes les plus actives de l'existence du navire, au moment où le personnel est occupé ; ce sont les escarbilles des chaufferies en activité. Aussi les navires de guerre ont-ils depuis longtemps été pourvus d'*escarbilleurs* à vapeur et sur les navires récents les escarbilleurs électriques sont employés en grand nombre. Nous aurons à étudier cette classe d'appareils de levage.

74. — 2° L'installation devient plus complexe et plus difficile, si le fardeau doit être élevé, ou descendu, à une position fixe, toujours la même. Il est impossible alors d'arrêter le moteur électrique au jugé et il est nécessaire d'installer un dispositif propre à amener le stoppage automatique, lorsque le porte-charge se trouve dans une position déterminée. Ce stoppage automatique nécessite un réglage qui complique singulièrement l'installation.

Tous les dispositifs de sûreté, linguet, frein, griffes, peuvent encore être employés ici. On peut même, puisque la position d'arrêt du monte-charge, à la montée ou à la descente, est toujours pareille, y placer un verrou de sûreté, qui se met en prise automatiquement avec le porte-charge, au moment où ce dernier passe à la position voulue. Le verrou est manœuvré en même temps que le commutateur lançant le courant dans l'induit du moteur, lorsqu'on veut mettre le monte-charge en marche.

L'arrêt du porte-charge dans une position fixe déterminée est plus aisément réalisé si le mouvement du treuil est commandé par une vis sans fin *non réversible* montée sur l'arbre de l'induit de l'électromoteur. Le stoppage de ce dernier, qui doit d'ailleurs toujours être automatique, assure l'arrêt du porte-charge, sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'un frein d'aucune espèce.

75. — On peut aussi désirer un monte-charge élevant régulièrement et d'une manière continue des fardeaux, comme

une *noria hydraulique* élève régulièrement de l'eau dans les augets placés le long de sa chaîne.

On peut employer de véritables *norias,* avec des charges disposées dans les godets ou portées par des supports distribués le long de la chaîne.

Sans que cela soit toujours indispensable, il est souvent utile que le mouvement de la noria puisse se produire dans les deux sens. La manœuvre du moteur électrique comprend alors la mise en marche, l'arrêt, l'inversion de marche ; l'arrêt et la mise en marche pouvant d'ailleurs se produire à un moment quelconque, l'installation électrique est des plus simples ; par contre, l'installation de la partie mécanique est souvent fort compliquée, puisqu'il faut pouvoir charger la chaîne et la décharger *pendant la marche.*

Cette seconde classe d'appareils de levage comprend les *monte-charges pour munitions,* desservant les nombreux canons de tous calibres armant un navire de guerre. Actuellement, tous les navires de guerre un peu importants ont des monte-charges électriques pour les munitions. La presque totalité sont des *monte-charges alternatifs,* montant et descendant, présentant les dispositions mécaniques et électriques les plus variées. Sur certains navires, on rencontre encore quelques *norias* électriques (*Jauréguiberry, Gaulois*).

76. — 3° Nous faisons une classe à part des appareils de levage répondant à des besoins très particuliers, comme les *treuils d'embarcation* ou les *cabestans électriques*, d'abord parce que l'usage n'en est pas encore très répandu et ensuite parce que des difficultés spéciales se présentent dans leur emploi, tant à cause des poids importants à manœuvrer que des variations considérables des efforts résistants auxquels on a affaire.

Nous étudierons successivement ces diverses classes d'appareils de levage.

§ 2. — Monte-charges électriques pour munitions.

77. Monte-charges alternatifs pour munitions. — Dans les monte-charges de cette espèce, les gargousses et projectiles sont montés dans une benne, animée, par un treuil électrique, d'un mouvement alternatif de montée et de descente. Nous allons successivement décrire la benne et le porte-charge, le treuil électrique, les appareils de manœuvre.

78. Dispositions de la benne et des cartouches. — La benne, maintenue latéralement par des guides verticaux, est suspendue à un câble en acier qui, après avoir passé sur un certain nombre de poulies de renvoi, s'enroule sur le tambour d'un treuil électrique.

La plate-forme inférieure de la benne porte des griffes de sûreté pouvant arrêter la chute en cas de rupture du câble. Les guides verticaux, primitivement en bois, dans le but de favoriser l'application des griffes, portent souvent actuellement une crémaillère pour le même objet ; le bois s'arrachait, en effet, par le fonctionnement des griffes et les éclats entravaient un fonctionnement ultérieur du treuil.

Pour les canons à tir rapide de 100^{mm}, et quelquefois pour les canons de 138^{mm}, les *cartouches,* formées de la réunion de la gargousse et du projectile, étaient à l'avance réunies en paquets de 4 ou 6. Chaque paquet, constitué par des ligatures en filin d'acier, était suspendu à un curseur pouvant courir le long d'un rail.

Aujourd'hui, presque tous les paquets sont remplacés par un porte-charge muni de tablettes, sur lesquelles sont disposés les cartouches, ou les projectiles et les gargousses séparément, par exemple pour les canons de 164^{mm}. Dans ce cas, les projectiles sont sur les tablettes inférieures. On réunit ainsi, dans un même porte-charge, jusqu'à 9 projec-

tiles et 9 gargousses. Les porte-charges sont munis de curseurs, comme les paquets d'autrefois.

Les porte-charges tout préparés sont arrimés dans les soutes avec leurs curseurs en place sur les rails, qui forment un réseau plus ou moins complexe. Un autre réseau de rails existe dans les batteries et au voisinage des canons à desservir.

La benne porte d'ailleurs à la partie supérieure un bout de rail qui doit être en coïncidence parfaite, quand cette benne est à bout de course, avec le rail de la soute ou avec le rail de la batterie ; de telle sorte qu'on peut aisément charger la benne, dans la soute, en faisant passer les porte-charges du rail fixe sur le bout de rail de la benne, ou décharger la benne de la même manière, dans la batterie.

Dans certains cas, les canons à alimenter étant sur le pont du navire, la difficulté d'y installer un système de rails destinés à recevoir les cartouches hissées par la benne a fait recourir à un autre système de porte-charge. La benne est supprimée. Le paquet de cartouches ou le support qui les porte est accroché au câble dans la soute ; il est hissé par le treuil électrique jusqu'à la partie supérieure du puits du monte-charge. Là, il se met en prise avec deux verrous portés par une sorte de lanterne pouvant basculer autour d'un axe horizontal.

Lorsque le porte-charge est engagé dans la lanterne et repose sur les verrous, on le décroche du câble et on fait basculer la lanterne ; le porte-charge est alors retiré et roulé près des canons, soit au moyen d'un petit chariot, soit au moyen des roulettes qu'il porte à demeure.

Le câble redescend dans le puits, chercher un nouveau porte-charge, grâce à un contrepoids en plomb qui lui est fixé.

Les cartouches des canons à tir rapide de 67, 47, ou 37^{mm} sont montées dans des caisses déposées à la main sur la plate-forme de la benne.

79. Dispositions du treuil électrique. — Le moteur électrique le plus communément employé a un seul électro-aimant inducteur et deux masses polaires, un induit en forme d'anneau Gramme et des balais en charbon ; la disposition du moteur électrique est presque toujours, pour les monte-charges des canons de la petite et moyenne artillerie, celle dite à *mâchoires,* dont la figure 42 donne une idée.

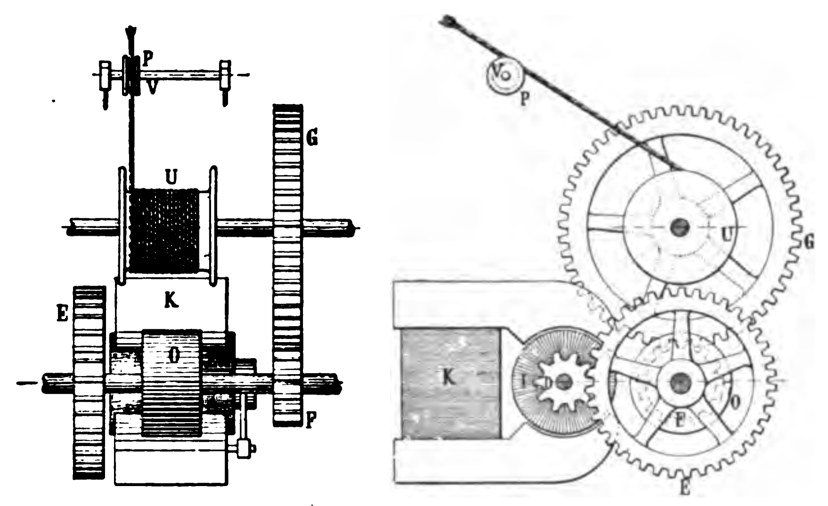


Fig. 42. — Treuil à munitions pour canons à tir rapide.
Disposition schématique d'une transmission par engrenages ; élévation et profil.

L'excitation des inducteurs, toujours en dérivation autrefois, est souvent compound aujourd'hui.

Le moteur électrique est presque toujours maintenant *blindé,* c'est-à-dire enfermé dans une enveloppe protectrice épaisse en fonte, munie de regards de visite.

Pour les monte-charges de la grosse artillerie, on emploie parfois des électromoteurs multipolaires ; ils sont aussi souvent à calage des balais invariable, grâce à des électros auxiliaires redresseurs du champ inducteur **(I, 257)** ; l'induit est alors presque toujours du genre tambour Brown.

80. — La transmission du mouvement de l'axe de l'induit au tambour d'enroulement du câble se fait par trois systèmes principaux :

1° La transmission comprend un double train d'engrenages, ainsi que nous l'avons représenté schématiquement dans la figure 42.

Le pignon D, monté sur l'axe de l'induit I, commande la roue E. L'axe de cette dernière porte un second pignon F entraînant la roue G et le tambour U d'enroulement du câble.

Un frein automatique Mégy O est placé sur l'arbre intermédiaire, entre la roue E et le pignon F. Il empêche tout mouvement de la benne auquel ne participe pas le moteur électrique.

Pour diminuer le bruit désagréable des engrenages tournant très vite, on eut l'idée d'incruster de cuir le métal des dents, mais ce moyen resta insuffisant et l'on eut alors recours au second mode de transmission.

81. — 2° Dans le second mode de transmission, le pignon, calé sur l'arbre de l'induit, et la roue dentée avec laquelle il engrène, sont remplacés par un galet D et une roue de friction E ; cette dernière est en forme de tambour, et le galet, en papier comprimé, appuie sur la partie interne de ce tambour ; un levier d'embrayage permet de donner la pression nécessaire ou d'écarter le galet de la roue de friction, par exemple pour la manœuvre à bras. Nous avons représenté schématiquement cette disposition dans la figure 43. Il existe encore, à bord des navires un peu anciens, un assez grand nombre de treuils de ce genre.

L'entraînement par friction présente le désavantage de ne plus fonctionner convenablement lorsque les surfaces frottantes ont été quelque peu humectées d'huile. D'autre part, une déformation de galet peut aussi être une cause de mauvais fonctionnement.

82. — On a parfois remplacé cette friction d'un galet et d'un tambour cylindriques, par la friction d'un galet et d'un tambour à stries parallèles et tous deux en acier.

L'entraînement se fait alors par une plus grande surface; l'usure et la déformation sont d'ailleurs réduites au minimum. On trouve une pareille disposition dans les norias des tourelles de 138^{mm} du *Jauréguiberry* et les treuils alternatifs du *Masséna*.

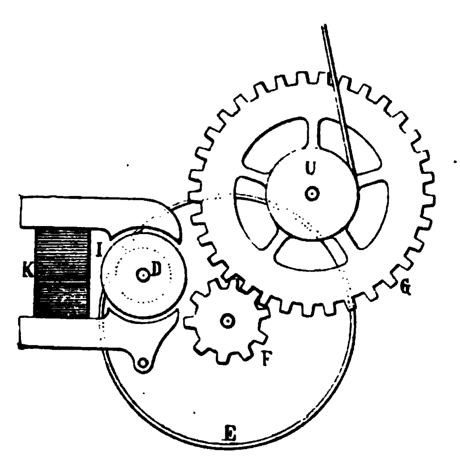


Fig. 43. — Treuil électrique à munitions; disposition schématique d'une transmission par tambour de friction.

83. — 3° Afin de diminuer le nombre des engrenages, on a souvent recours à une vis sans fin montée sur l'axe de l'induit et entraînant une roue striée portée directement par l'axe du tambour d'enroulement du câble.

En outre de la simplification considérable apportée au treuil par la suppression de l'arbre intermédiaire, on peut aussi compter comme un avantage fort appréciable la suppression de tout frein, automatique ou non, si l'on a soin d'employer une vis *non réversible* qui tient lieu elle-même de frein. Mais la grande simplicité et la facilité de manœuvre dues à l'emploi de la vis tangente non réversible ont malheureusement pour revers un rendement assez faible.

Tandis que le double train d'engrenages absorbe en frottements divers environ 35 °/₀ de la puissance mécanique développée par le moteur électrique, il faut compter, avec la vis tangente, sur une perte atteignant parfois 60 °/₀.

De plus, pour éviter une usure rapide, il faut prendre soin de noyer complètement la vis dans l'huile. On semble revenir actuellement à la vis réversible, d'un rendement meilleur, mais nécessitant un frein.

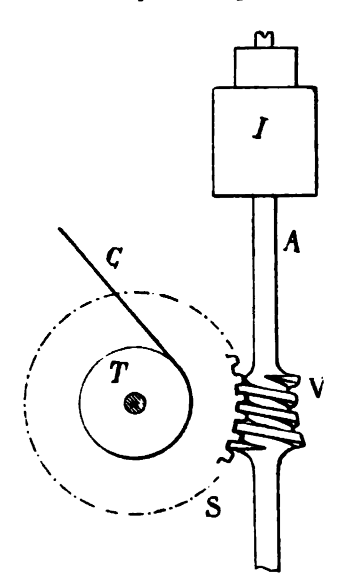


Fig. 44. — Treuil à munitions ; disposition schématique d'une transmission par vis globique.

84. — Le plus souvent, aujourd'hui, on fait usage de *vis globiques,* épousant le contour de la roue striée et en prise avec elle par plusieurs dents. L'effort est ainsi réparti sur une plus grande surface et l'usure est moins rapide.

La figure 44 représente schématiquement la transmission très simple résultant de l'emploi d'une vis tangente. L'arbre A de l'induit I du moteur électrique porte à son extrémité la vis V, que nous supposons ici globique. Cette vis engrène avec une grande roue striée S dont l'axe porte le tambour T d'enroulement du câble C.

85. Fonctionnement à bras. — Presque toujours, à bord des navires, les treuils sont disposés de manière à permettre commodément la manœuvre à bras, en cas d'avarie du moteur électrique.

Lorsque le treuil est à engrenages ou à tambour de friction, la manœuvre à bras est généralement obtenue au moyen de manivelles montées sur un arbre auxiliaire qui

entraîne, au moyen d'un pignon et d'une chaîne Galle, un autre pignon claveté sur l'arbre intermédiaire portant le frein Mégy.

Lorsque le treuil est à vis, ou bien les manivelles montées sur un arbre auxiliaire agissent, par l'intermédiaire de pignons et d'une chaîne Galle, sur l'axe de l'induit portant la vis, et alors cette dernière sert de frein pour la manœuvre à bras, comme pour la manœuvre électrique ; ou bien l'arbre des manivelles agit, par pignons et chaîne Galle, sur l'arbre du tambour d'enroulement du câble. Il est alors nécessaire, avant de manœuvrer à bras, de débrayer de l'arbre du tambour la roue striée qui reste en prise avec la vis sans fin ; de plus, un frein auxiliaire est indispensable pour la manœuvre à bras. Nous décrirons plus loin ce frein.

86. Frein automatique système Mégy. — Ce frein sert d'appareil de sûreté pour de nombreux treuils en service à bord des navires de guerre, aussi allons-nous en parler avec quelque détail.

La figure 45, *a,* représente une coupe longitudinale du frein et du *cliquet dormant* qui en est le complément indispensable.

En *b,* on voit une coupe du frein suivant *xy,* et en *c* une coupe du cliquet dormant suivant *uv.*

La légende qui accompagne la figure nous dispense d'ailleurs de faire une description des pièces constitutives du frein.

Fonctionnement général du frein. — Le pignon E engrène avec la roue dentée montée sur l'axe du tambour d'enroulement du câble. La charge à soulever agit donc sur le pignon E et, par suite, sur le manchon D qui fait corps avec lui.

Le manchon D est solidaire ou indépendant de la boîte de frein G, suivant que le ressort d'entraînement K, ayant sa libre expansion, appuie sur les parois de la boîte, ou que

ce ressort, déformé par le rapprochement de ses extrémités, ne frotte plus sur la boîte.

D'autre part, la boîte du frein G est libre ou calée, suivant que le ressort L du cliquet dormant est serré contre la boîte I, ou est déformé par l'action du bec R de la came H contre le taquet M.

La charge est donc maintenue si les deux ressorts d'entraînement et de cliquet dormant ont leur libre expansion et sont serrés contre leurs boîtes respectives.

87. Montée. — L'arbre, entraîné par la roue Q, transmet le mouvement du moteur à la douille de manœuvre C qui vient buter sur le manchon D en S (*fig. 45, b*). Le manchon entraîne le ressort K par son taquet P, et par suite la boîte de frein G.

Dans ce sens de la marche, la came H ouvre le ressort L du cliquet dormant, en agissant sur le taquet M par le bec R (*fig. 45, c*). La boîte de frein G est alors libre de suivre le mouvement du ressort K et du manchon D.

Le mouvement du moteur peut donc se transmettre librement à la charge par la douille C, le manchon D et le pignon E.

88. Arrêt. — Si l'action du moteur sur l'arbre cesse, le manchon D et la boîte G ne sont plus poussés par la douille C ; la charge tend à entraîner le manchon et la boîte en sens inverse ; immédiatement, la came H laisse le ressort du cliquet dormant reprendre son expansion et appuie énergiquement le cuir du ressort contre la boîte fixe I ; la charge est donc calée.

89. Descente. — La douille de manœuvre, entraînée par l'arbre dans le sens marqué : *Descente,* tire sur la chaînette de desserrage du ressort du frein. Le pignon E et le manchon D ne sont plus alors reliés par le ressort à la boîte de frein et au cliquet dormant ; la charge les fait donc tourner d'un certain angle dans le sens de la descente.

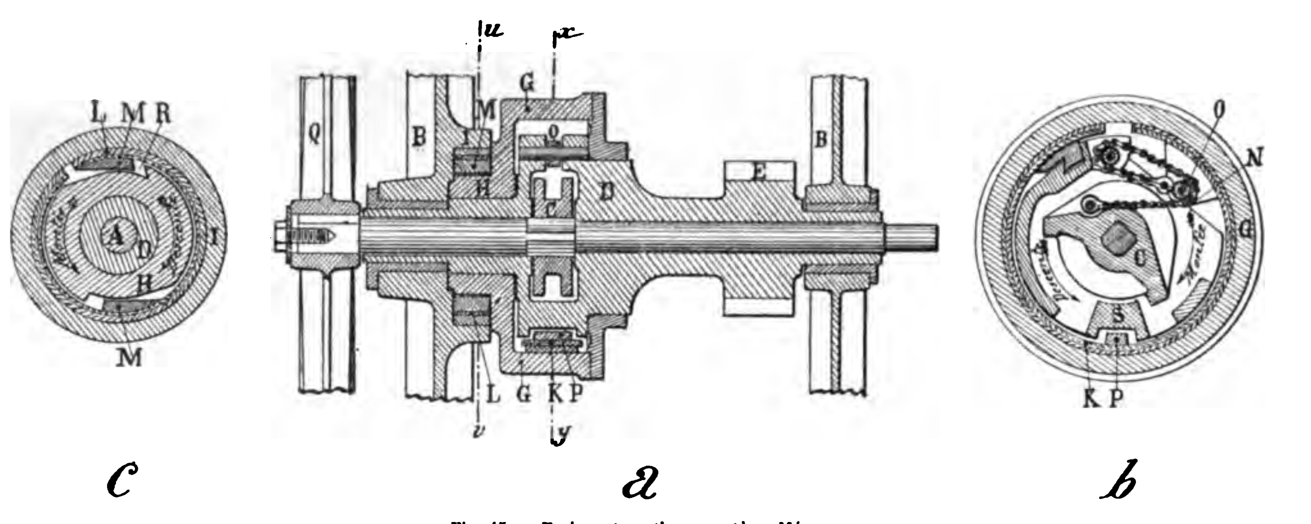


Fig. 45. — Frein automatique, système Mégy.
a, Coupe par l'axe ; *b*, Coupe par *xy* ; *c*, Coupe par *uv*.

LÉGENDE

A. Arbre du frein ;
B. Bâti du treuil ;
C. Douille de manœuvre emmanchée à carré sur l'arbre A ;
D. Manchon d'entraînement ;
E. Pignon de commande solidaire du manchon D ;
G. Boîte de frein montée folle sur le manchon D ;
H. Came du cliquet dormant venue de fonte avec la boîte de frein ; elle permet, suivant le sens de la rotation, le serrage ou le desserrage du ressort L ;
I. Boîte du cliquet dormant fixée au bâti ;
K. Ressort circulaire d'entraînement et de frein, garni de cuir ;
L. Ressort du cliquet dormant garni de cuir ;
M. Taquets rivés au ressort du cliquet, par l'intermédiaire desquels s'effectue le serrage et le desserrage du ressort L ;
N. Chaînette de desserrage du ressort de frein K ;
O. Galets de renvoi de la chaînette N, fixés au manchon D ;
P. Taquet d'entraînement du ressort K par le manchon D ;
Q. Roue de commande de l'arbre du frein.

Mais ce mouvement du manchon, de même sens que celui primitivement effectué par la douille, distend de nouveau la chaînette, et, quand l'angle dont a tourné le manchon est approximativement égal à celui dont a tourné l'arbre, le ressort du frein reprend toute son expansion et cale de nouveau le manchon et la charge.

Le manchon D et le pignon E répètent ainsi les mouvements de l'arbre, et la charge est descendue ainsi avec précision.

90. Remarque. — Parfois, pour égaliser le travail pendant la montée et la descente, on équilibre par un contrepoids le poids mort de la benne et la moitié de la charge utile. On peut aussi, quand les aménagements s'y prêtent, conjuguer deux monte-charges et équilibrer les deux bennes l'une par l'autre.

Il faut alors, pour ces monte-charges équilibrés, deux freins Mégy, l'un des freins agissant à la montée de la benne, l'autre à la montée du contre-poids ou de la seconde benne.

91. Frein automatique à tringles pour la manœuvre à bras des treuils blindés à vis globique. — Nous décrirons ici le frein généralement employé actuellement pour les treuils blindés à vis globique, lorsqu'on veut manœuvrer à bras en évitant de faire fonctionner dans cette manœuvre la vis sans fin. Ce frein, très robuste et très simple, est souvent placé au-dessus de l'enveloppe blindée du treuil. La figure 46 représente une vue perspective d'un treuil blindé à vis globique du modèle le plus ordinaire, surmonté du frein automatique. La figure 47 donne une coupe verticale schématique de ce frein, avec indication des transmissions. On voit en A l'enveloppe blindée renfermant le moteur électrique avec des regards et des portes de visite O.

Deux paliers constitués par un bâti LL d'une seule pièce

laissent passage à deux douilles N et N′ pouvant tourner à frottement doux dans les paliers. Ces douilles font corps avec deux plateaux K et K′ ; en outre, sur l'une des douilles N est claveté un pignon denté P ; les deux plateaux sont entretoisés par *trois* tiges H, mais ces entretoises ne sont pas

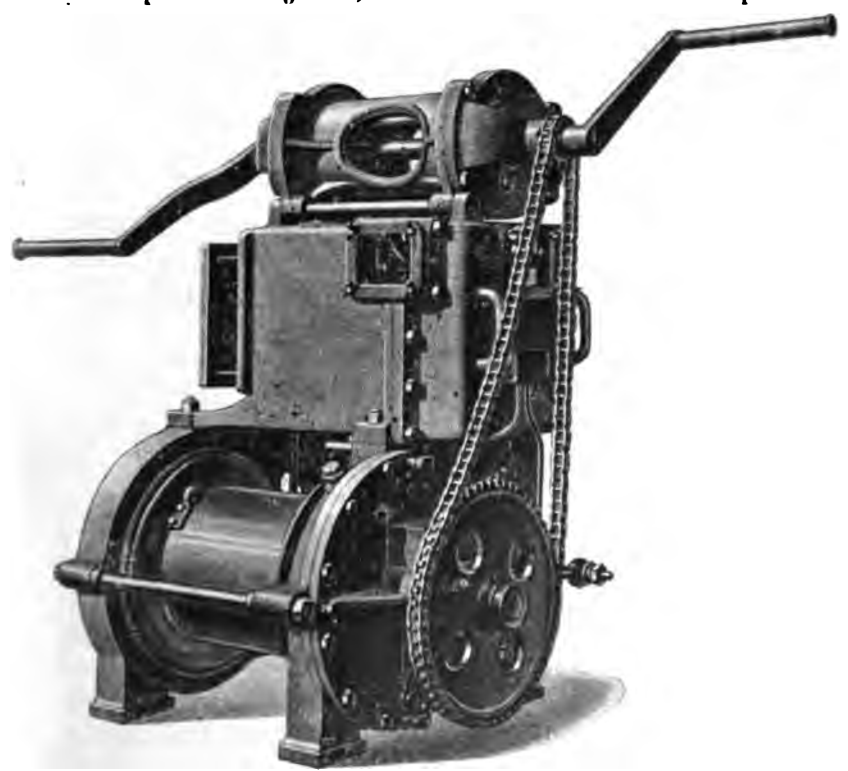


Fig. 46. — Treuil électrique blindé à vis globique *Sautter et Harlé* ; vue d'ensemble avec le frein automatique pour le fonctionnement à bras.

rigidement fixées sur les plateaux, leurs têtes arrondies peuvent jouer librement dans les trous des plateaux qui les reçoivent, de sorte que l'un des plateaux peut prendre un certain mouvement de rotation par rapport à l'autre, les tiges H prenant alors une position oblique et les plateaux *se rapprochant nécessairement l'un de l'autre*.

D'autre part, l'axe B des manivelles M passe à frottement doux dans les douilles N et N'; sur cet axe sont goupillés deux doigts G et G' qui peuvent, lorsqu'on fait tourner l'axe B, venir rencontrer deux tocs U et U' faisant corps avec les plateaux K et K'.

Nous avons représenté en T le tambour d'enroulement du câble claveté sur l'arbre XY; dans la boîte étanche S est la roue striée mise en mouvement par la vis sans fin montée sur l'axe de l'induit du moteur électrique; en D, une roue dentée commandée par le pignon P au moyen d'une chaîne Galle. Ni la roue striée, ni la roue dentée D ne sont clavetées sur l'axe XY du tambour, mais un manchon d'embrayage E claveté sur cet axe et manœuvré par un levier F peut rendre le tambour solidaire soit de la roue S, soit de la roue D.

Pour manœuvrer électriquement, on embraye la roue striée S et le moteur électrique entraîne le tambour T.

Pour manœuvrer à bras, on embraye la roue dentée D. En faisant tourner l'arbre B, au moyen des manivelles M, les doigts G et G' venant buter sur les tocs U et U' forcent les tiges H et H' à rester parallèles; les plateaux sont en même temps entraînés tous les deux, ainsi que le pignon P solidaire du plateau K; la roue dentée et le tambour T embrayé avec elle tournent alors dans un sens ou dans l'autre.

Vient-on à lâcher les manivelles, la charge agissant sur le tambour tend à le faire tourner pour la descente, entraînant en même temps la roue D et le pignon P; mais alors le plateau K tourne lui-même, les tiges H prennent une position oblique et le plateau K' est alors appliqué fortement sur le contre-plateau Q' faisant partie du bâti; un ressort R maintient d'ailleurs toujours le plateau K' en contact avec le contre-plateau Q' et une garniture de cuir augmente le frottement. Le mouvement de descente de la charge est donc automatiquement arrêté. On peut d'ailleurs en réglant l'écartement des plateaux, par la longueur des tiges H dont la tête est munie d'un écrou, provoquer le fonctionnement

du frein plus ou moins rapidement; il importe cependant

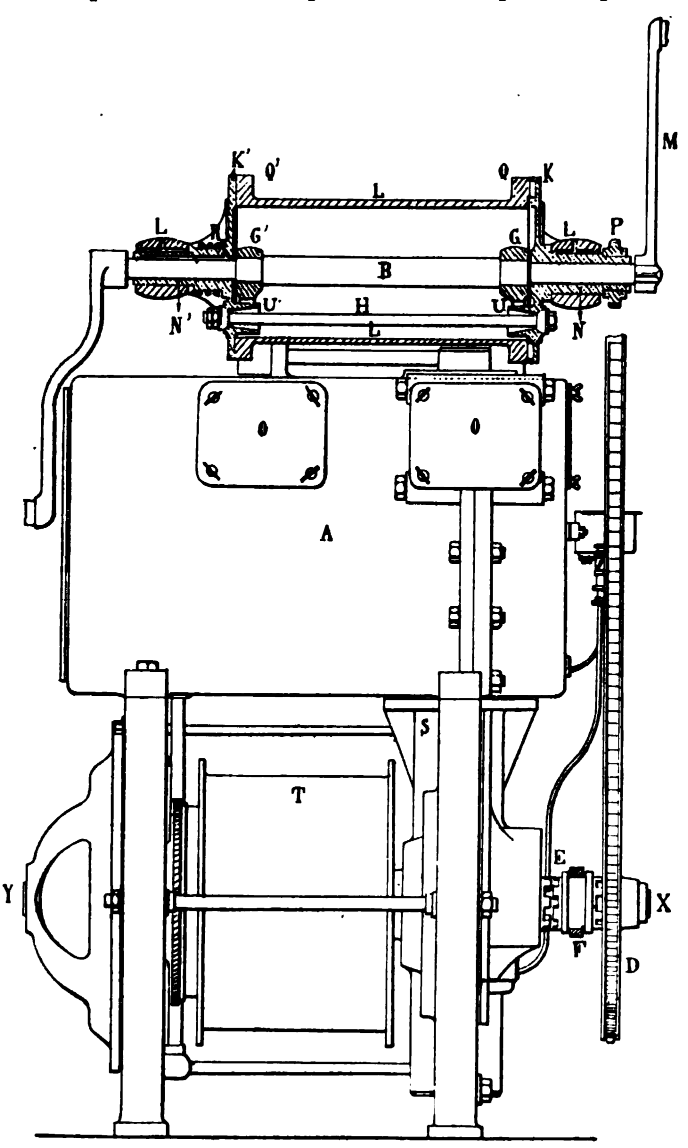


Fig. 47. — Treuil électrique blindé à vis globique ; coupe du frein automatique *à tringles.*

de ne pas créer, pour la manœuvre régulière à bras, un frottement constant trop considérable.

Une disposition très simple permet de tendre à volonté la chaîne Galle. Le bâti LL du frein peut tourner autour d'un axe supporté par l'enveloppe blindée A de l'électromoteur. D'autre part, ce bâti porte une patte traversée par un boulon prenant son point d'appui sur la même carcasse ; en vissant plus ou moins ce boulon, on fait tourner le bâti LL autour de son axe et on tend plus ou moins la chaîne.

92. Frein électro-magnétique. — Dans les installations les plus récentes et dans les installations futures, on semble adopter d'une manière générale, pour l'entraînement des treuils, des vis tangentes *réversibles,* qui exigent des freins automatiques, même pendant la marche électrique. Le frein souvent employé aujourd'hui est un frein électro-magnétique. C'est un *frein à lame* s'appliquant sur un tambour monté sur un des arbres du treuil. L'application du frein est commandée par un électro-aimant dont le circuit est fermé ou ouvert au moment convenable. C'est un frein analogue qui fut appliqué à l'un des premiers treuils électriques à munitions en service dans la marine et décrit dans la première édition de cet ouvrage. Il est curieux de constater que l'on revient aujourd'hui à cette première disposition.

93. Limiteur d'effort. — Dans beaucoup de treuils, le tambour d'enroulement du câble de la benne n'est pas claveté sur son arbre ; il ne lui est relié que par un dispositif jouant le rôle de *limiteur d'effort*. Voici l'un des dispositifs les plus employés.

Le tambour d'enroulement du câble T (*fig. 48*) est monté fou sur l'arbre XY ; sur cet arbre est claveté un plateau P. Entre ce plateau et la joue du tambour est emprisonné un double cône en bronze C monté fou sur leurs moyeux respectifs et frottant d'une part sur le tambour T, d'autre part

sur le plateau P. Des rondelles Belleville R appuient fortement les cônes de frottement sur le plateau et le tambour ; on peut faire varier la pression au moyen de l'écrou A monté sur la partie filetée B de l'arbre. Lorsque l'effort résistant opposé à la rotation du tambour dépasse une certaine valeur réglée par la pression des rondelles, l'entraînement du tambour ne se produit plus et il y a glissement des cônes sur les

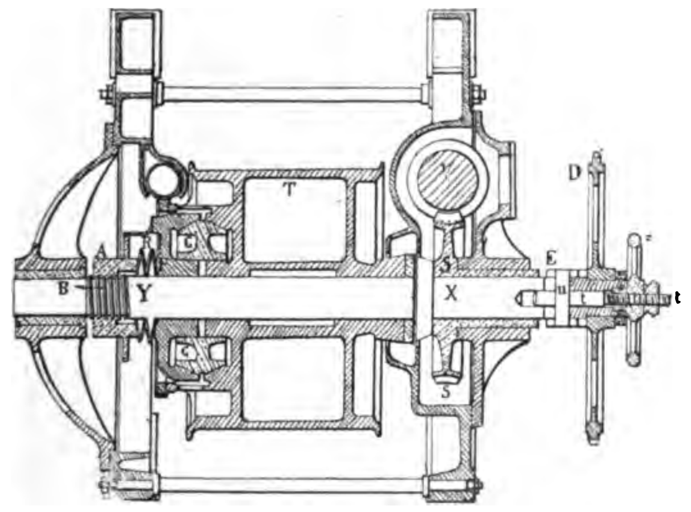


Fig. 48. — Treuil à munitions à vis globique ; coupe du tambour d'enroulement du câble montrant le limiteur d'effort et l'embrayage.

parties frottantes. En général, on règle la tension des rondelles de manière que le glissement se produise pour un effort résistant double de l'effort normal.

Dans la même figure 48 nous avons représenté un embrayage un peu différent de celui indiqué par la figure 47. Le manchon d'embrayage E est commandé, à l'aide d'une barrette *u*, par la tige filetée *t*, à laquelle un volant *z* permet de donner un mouvement longitudinal dans l'intérieur de l'axe creux XY ; on embraye ainsi le manchon E solidaire des mouvements de rotation de l'axe XY, soit avec la roue dentée D, pour le mouvement à bras, soit avec la roue

striée S, commandée par la vis sans fin V et le moteur électrique.

94. Appareils de sûreté. — Pour empêcher la chute de la benne, en cas de rupture du câble de suspension, on a imaginé de nombreux dispositifs *de sûreté*. Nous allons examiner les trois genres principaux de ces appareils.

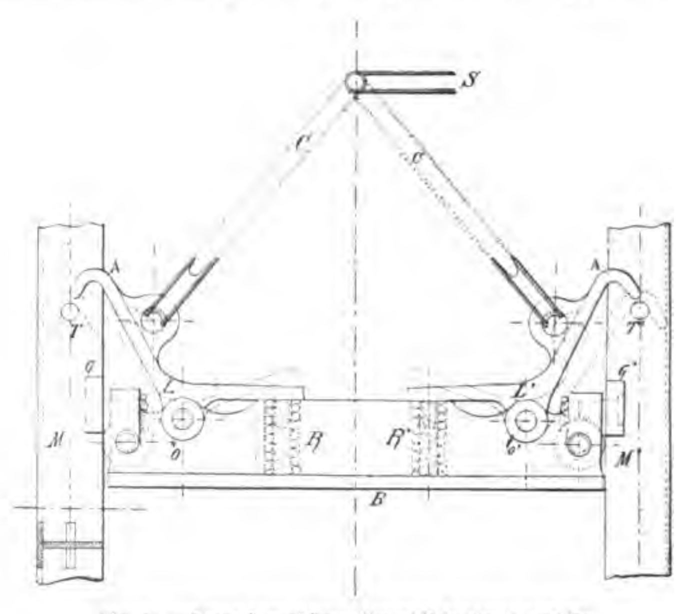


Fig. 49. — Benne à munitions ; dispositif de sûreté *à griffes*.

95. 1° *Système à griffes.* — Un des systèmes les plus employés consiste à disposer, au-dessus de la benne B (*fig. 49*), deux leviers L et L' pouvant osciller autour des axes O et O' et terminés par une *griffe* double dont les deux becs embrassent une cornière M servant de montant-guide pour la benne ; des galets G fixés à la benne permettent le guidage. Le câble de suspension S est relié par une patte d'oie CC aux leviers L et L'. Lorsque le câble est tendu, ces leviers ont leurs griffes relevées et leur talon vient appuyer

sur un ressort à boudin R. Si le câble vient à casser, le ressort R repousse le levier L dont les griffes viennent en s'abaissant s'arrêter sur un des tenons T traversant le montant M ; la benne est ainsi arrêtée.

96. 2° *Système à linguets.* — Un autre modèle d'appareil de sûreté est représenté dans la figure 50. C'est le type

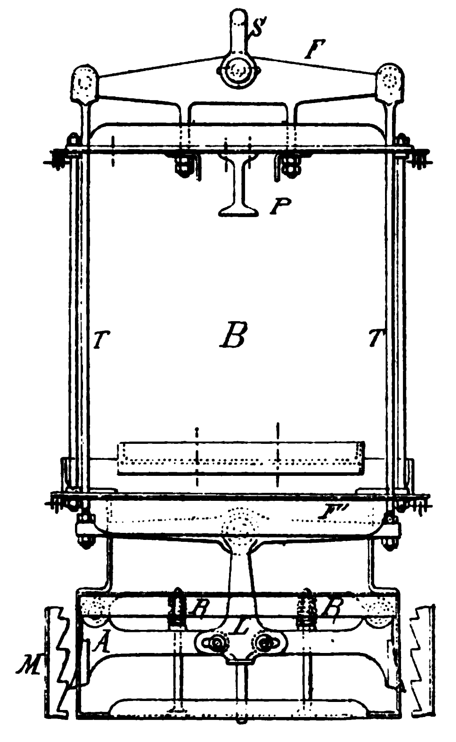


Fig. 50. — Benne à munitions; dispositif de sûreté *à linguets*.

à *linguets*. Le câble de suspension S de la benne B est fixé à un fléau F relié par deux tringles T et T' à un autre fléau F' placé sous la benne. Par l'intermédiaire du levier articulé L, le fléau F' tire en dedans les linguets A et empêche leurs becs de venir en prise avec les dents des montants M. Si le

câble casse, des ressorts R comprimés réagissent et repoussent les linguets en dehors; la prise des linguets sur les montants dentés immobilise la benne. On voit en P le rail support du porte-charge.

97. 3° *Système à cames.* — Le câble de suspension S (*fig. 51*) est fixé à un fléau F supportant une traverse C; cette dernière agit par l'intermédiaire du levier articulé L sur les cames A situées de part et d'autre du montant M et mobiles autour de l'axe O fixé sur la benne. Ces cames sont excentrées par rapport à l'axe O. Lorsque le câble est tendu, les cames sont légèrement écartées du montant M; lorsque le câble est cassé ou prend du mou, des ressorts, non représentés ici, font baisser le fléau F et la traverse C; par suite, les cames tournant autour de O viennent s'appliquer sur le montant, la descente de la benne ne peut d'ailleurs que coincer plus fortement les cames, à cause de leur excentricité. Leur bord est strié pour favoriser la prise; le montant est en bois ou en fer.

Ce système est très inférieur aux précédents; il exige un ajustage précis que la grande hauteur des montants-guides rend difficile; des glissements peuvent se produire, en outre, lorsque le montant est en fer, soit parce qu'il est graissé, soit parce qu'il est couvert d'une couche épaisse de peinture qui remplit les stries des cames; lorsque le montant est en bois, au contraire, des coincements intempestifs peuvent se produire, pendant le fonctionnement régulier, par suite du gonflement des montants par l'humidité.

98. Appareils de manœuvre des treuils alternatifs. — Les treuils alternatifs doivent pouvoir être mis en marche pour la montée ou pour la descente; dans certains cas, on peut désirer une vitesse de marche variable à volonté. Un stoppage instantané est désirable. Il est souvent indispensable que l'arrêt du monte-charge se fasse dans une position parfaitement précise; c'est le cas par exemple des

monte-charges avec bout de rail mobile qui doit venir en coïncidence parfaite avec le rail de la soute, ou celui de la batterie.

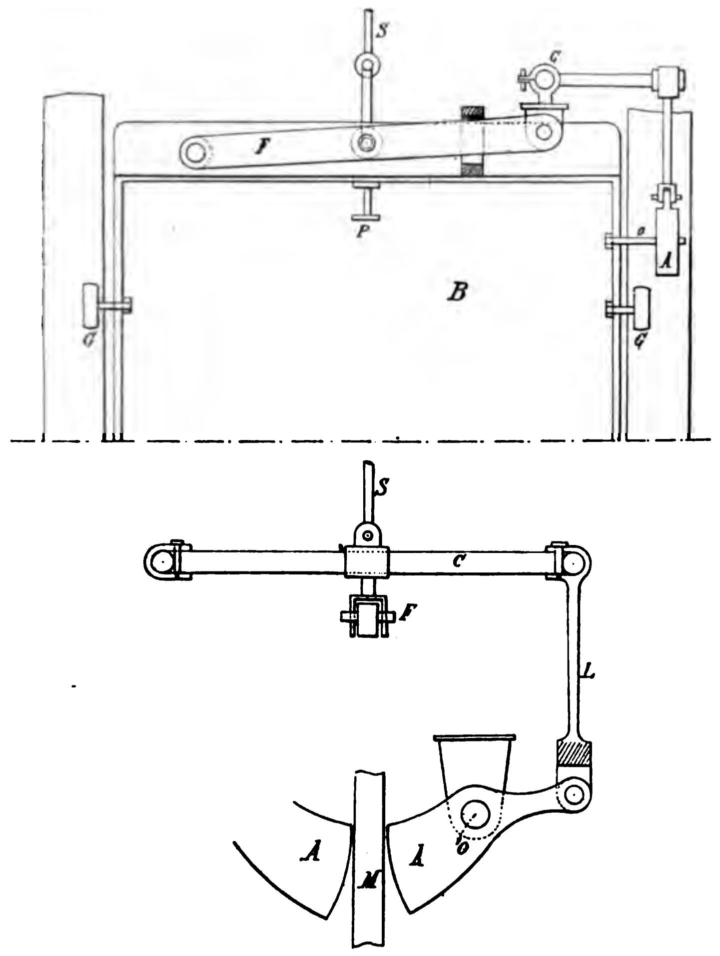


Fig. 51. — Benne à munitions; dispositif de sûreté *à cames*.

Quand il s'agit de gros canons, on désirera parfois que le porte-charge s'arrête dans la position précise de chargement.

Cet arrêt devra être automatique.

Quelquefois, une très grande précision dans la position d'arrêt n'est pas nécessaire ; c'est le cas où l'on se trouve si le monte-charge monte des caisses de munitions pour canons de petit calibre, caisses que l'on peut déposer ou prendre à la main ; il suffit alors que l'arrêt se produise *aux environs* d'une position déterminée. Même pour les gros canons, on ne désire plus actuellement, le plus souvent, opérer le chargement avec les munitions qui arrivent de la soute. Ces dernières sont emmagasinées, soit dans la tourelle, soit dans un magasin ménagé sous la plate-forme. C'est à bras que les munitions sont reprises, au moment propice, pour opérer le chargement. Le monte-charge électrique doit cependant encore dans ce cas avoir un arrêt *assez précis,* à cause du poids considérable des projectiles et des gargousses et de la nécessité d'employer des organes mécaniques pour prendre les munitions dans la benne, à leur arrivée dans la tourelle, et les emmagasiner. Dans tous les cas, l'arrêt sera *automatique,* puisqu'il serait le plus souvent impossible de provoquer volontairement l'arrêt au moment propice.

Il résulte de là que, suivant le degré de précision recherché dans l'arrêt automatique, suivant aussi certaines exigences dépendant des conditions particulières d'emploi (sécurités diverses), le système de manœuvre pourra différer considérablement.

99. — Les premiers treuils à munitions étaient manœuvrés par le *système du bloquage,* aujourd'hui complètement abandonné et dont nous ne parlerons plus dans cette édition. Maintenant, la manœuvre se fait presque exclusivement par le *système des relais,* qui offre lui-même plusieurs modes assez différents ; on trouve encore un certain nombre de treuils munis du mode de manœuvre par le *système du déclenchement ;* nous étudierons donc en détail la manœuvre par relais et nous dirons quelques mots de la manœuvre par déclenchement.

100. Commande par relais. — Nous ne décrirons pas tous les dispositifs très nombreux employés successivement pour manœuvrer les monte-charges par l'intermédiaire de relais, ni toutes les formes diverses qu'on a données à ces derniers. Nous nous contenterons d'abord de donner un aperçu général de la méthode de commande ; ensuite, d'étudier d'une manière détaillée quelques-uns des dispositifs les plus fréquemment employés actuellement. Le lecteur pourra lui-même aisément étudier les autres dispositifs, toujours plus ou moins analogues à ceux que nous aurons donnés, s'il possède des dessins ou s'il a sous les yeux les appareils.

La commande par relais a pour objet de produire les diverses opérations qui permettent de gouverner les moteurs, non pas en agissant directement sur les commutateurs de mise en marche ou les inverseurs, mais en agissant sur le circuit d'électro-aimants ou *relais,* qui eux effectuent réellement les opérations conduisant à la manœuvre des moteurs.

Ces opérations sont d'une manière générale : 1° la *fermeture du circuit* de l'électromoteur, de manière que le courant de la génératrice y passe, *dans un sens ou dans l'autre ;* 2° la suppression en une ou plusieurs fois de la résistance de démarrage introduite primitivement dans le circuit ; 3° la *rupture* du circuit, pour déterminer l'*arrêt ;* 4° la *mise en court-circuit* de l'induit, si l'on veut un *arrêt rapide.*

Ces différentes opérations effectuées, ordinairement, à l'aide d'un commutateur-inverseur et d'un commutateur de rhéostat seront, dans le système des relais, produites par des électro-aimants *placés près du moteur électrique* et dont les uns joueront le rôle de l'inverseur et les autres du commutateur de rhéostat. Ces *relais* pourront être eux-mêmes actionnés *à distance,* à l'aide de commutateurs-interrupteurs commandant leurs circuits ; ces commutateurs auxiliaires seront actionnés à la main, ou automatiquement, par le fonctionnement même du monte-charge. L'emploi des relais

comme intermédiaires facilite singulièrement la *commande à distance* des électromoteurs; il permet de résoudre simplement, en particulier, tous les problèmes relatifs aux *sécurités*. Nous examinerons d'ailleurs les avantages de la commande par relais dans diverses applications.

Deux dispositifs de commande par relais peuvent être distingués tout d'abord : le système *Sautter-Harlé, Savatier et De Lagabbe* et le système *Bréguet;* nous allons étudier successivement ces deux systèmes, en nous attachant spécialement à décrire les appareils les plus employés actuellement. Les modèles de ces appareils sont, en effet, très nombreux et leur description détaillée serait sans intérêt.

I. — *Commande par relais, système Sautter-Harlé, Savatier et De Lagabbe.*

101. Relais. — Deux formes de relais sont employées, suivant l'intensité du courant pris par les électromoteurs que les relais doivent commander; on distingue le relais *petit modèle* de 0 à 50 ampères, le relais *moyen modèle* de 50 à 100 ampères et le relais *grand modèle* de 100 à 250 ampères. Ces deux derniers modèles sont à peu près semblables comme forme et diffèrent surtout par leurs dimensions; le petit modèle est d'une forme fort différente.

Dans chaque modèle, on distingue encore le *relais simple* et le *relais double*.

Les relais simples sont employés pour supprimer du circuit des électromoteurs une portion de la résistance du rhéostat de démarrage, c'est-à-dire pour faire varier leur vitesse. Les relais doubles servent à fermer le circuit et à inverser le courant.

102. 1° Relais simple, grand modèle. — Dans le *relais simple, grand modèle* (courant de 100 à 250 ampères), un

électro-aimant cuirassé E attire, lorsqu'il est excité, un noyau N relié à un levier L pouvant osciller autour de l'axe O (*fig.* 52). Ce levier porte deux contacts feuilletés, en forme de balais BB, formés par la superposition de lames de cuivre et de laiton alternées. Ces balais B sont isolés du

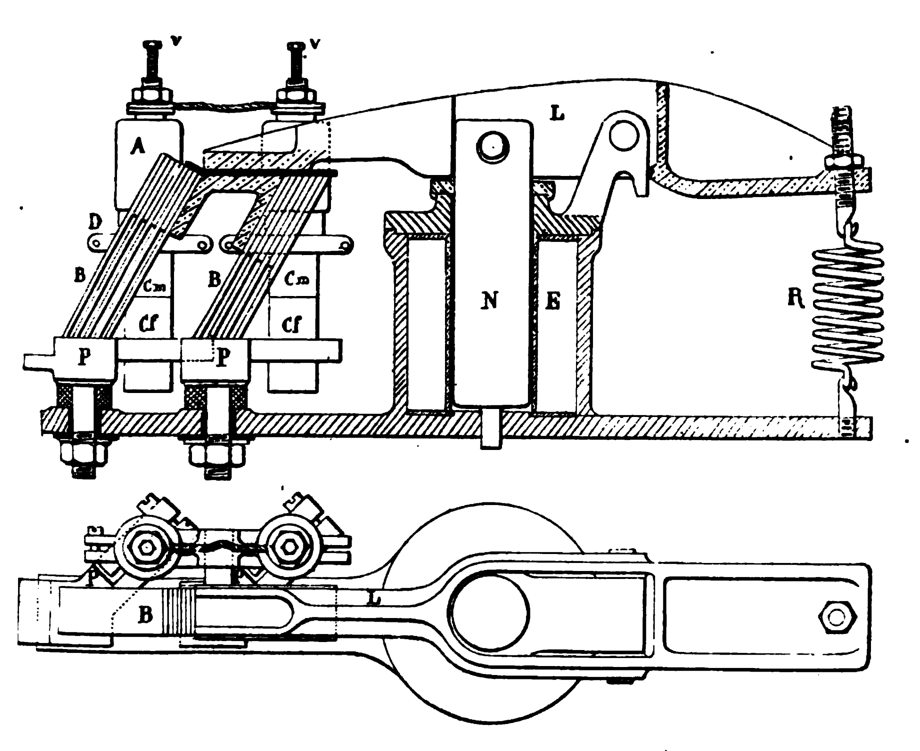


Fig. 52. — Relais simple, grand modèle, des *Forges et Chantiers de la Méditerranée.*

levier L mais communiquent entre eux par la traverse T; ils constituent donc un pont métallique qui, lorsque le relais est actionné (position de la figure), vient appuyer sur les plots P, isolés entre eux et du bâti, mettant alors ces plots en communication. Si les plots P communiquent avec les extrémités de la résistance d'un rhéostat de démarrage, ou d'une fraction de cette résistance, cette dernière est sup-

primée par le pont établi, lorsque l'électro-aimant du relais est excité. Un ressort antagoniste R rappelle le levier L lorsque le noyau n'est plus attiré par l'électro; on dit alors que le levier est *relevé,* le levier étant au contraire dit *abaissé* quand l'électro-aimant est excité.

Chacun des plots P supporte un charbon fixe C*f*; d'autre part, la traverse T supporte deux douilles à ressort A dans lesquelles peuvent se mouvoir des charbons C*m* reliés à un piston par une douille à serrage D. Des vis *v* permettent de régler la position des charbons C*m* dans leur douille; ces deux vis portent des écrous permettant de relier entre elles les douilles A par un conducteur, de manière que les deux charbons C*m* constituent un pont conducteur doublant le pont complètement métallique formé par les balais. Lorsque le relais est excité et le levier L abaissé, les charbons mobiles C*m* viennent appuyer sur les charbons fixes C*f*, établissant ainsi entre les plots P une seconde communication. On règle la longueur des charbons de manière que le contact entre ces charbons *s'établisse avant* et se *rompe après* les contacts métalliques; ces derniers sont ainsi préservés des érosions provenant des étincelles de rupture par les charbons *pare-étincelles*.

Des bornes servent de points de fixation pour les fils d'arrivée et de sortie du courant dans la bobine de l'électro-aimant E.

103. *Contact supplémentaire de mise en cascade.* — Des contacts supplémentaires, genre *poussoir* (*fig.* 54), sont souvent installés sur les relais simples grand modèle; par exemple, le circuit d'excitation d'un relais simple passe par une interruption constituée par un poussoir porté par un deuxième relais simple; les choses sont disposées de manière que l'interruption existe, tant que le deuxième relais portant le poussoir n'a pas encore été actionné, et que l'interruption est fermée lorsque ce relais a été actionné; l'autre relais peut alors, et alors seulement, être

actionné à son tour. Cette disposition s'appelle la *mise en cascade ;* elle permettra de ne retirer du circuit les diverses portions de la résistance d'un rhéostat que successivement, comme lorsqu'on manœuvre à la main le commutateur de ce rhéostat.

104. 2° Relais double, grand modèle. — Le relais

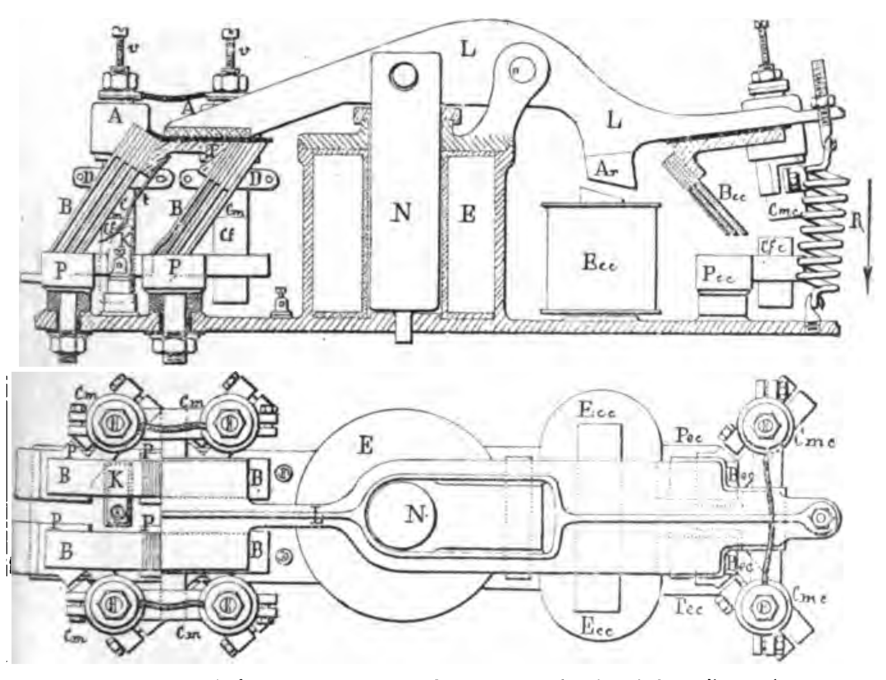


Fig. 53. — Relais double, grand modèle, des *Forges et Chantiers de la Méditerranée.*

double, grand modèle, est semblable en principe au relais simple. Il en diffère d'abord parce que le levier L (*fig. 53*) porte *deux ponts métalliques* constitués par des balais B, au lieu d'un seul, chacun de ces ponts étant lui-même doublé par un pont formé de charbons et constituant un pare-étincelles. La partie supérieure de la figure, qui est une coupe verticale, ne montre que la moitié du relais ; on

voit, dans le plan au bas de la figure, le double pont porté par le levier L.

L'inversion du courant dans l'électromoteur exige deux de ces relais doubles, l'un établissant les contacts pour la montée du treuil, par exemple, et l'autre pour la descente. L'ensemble des deux relais constitue un inverseur.

105. — La mise en *court-circuit* de l'induit pour l'arrêt brusque s'effectue, lorsque les deux relais doubles sont relevés, au moyen d'un pont métallique, constitué par deux balais B*cc* (*fig. 53*) venant réunir deux plots P*cc*; le pont métallique est muni d'un pare-étincelles formé par les charbons C*mc* reliés entre eux et les charbons C*fc* portés par les plots P*cc*. D'autre part, un électro-aimant E*cc*, à deux bobines, traversé momentanément par le courant d'induction intense de court-circuit, attire une armature A*r* et empêche le rebondissement des contacts de court-circuit. Les plots P*cc* de chaque relais double constituent une interruption pratiquée sur le conducteur reliant les balais du moteur et comprenant l'enroulement des électros E*cc*. C'est lorsque la double interruption est fermée par les ponts, c'est-à-dire lorsque les deux relais doubles sont relevés, que le court-circuit peut se produire.

Il faut remarquer que l'introduction des électro-aimants E*cc* sur le conducteur de court-circuit rend inutile toute résistance destinée à rendre moins brusque l'arrêt (**I, 323**); de sorte qu'on peut considérer l'enroulement des électros E*cc* comme remplaçant une résistance inerte par une résistance active, assurant le bon fonctionnement du court-circuit.

106. *Contacts supplémentaires.* — Des *contacts supplémentaires* existent toujours sur les relais doubles. D'abord, un des balais B porte une lame de contact *t* formant ressort qui vient toucher, lorsque le relais est abaissé, un plot K. Le relais ferme ainsi une interruption placée sur

le circuit d'excitation de l'enroulement des relais simples; ceux-ci ne peuvent être actionnés que lorsqu'un des deux relais doubles l'a été tout d'abord. On est sûr ainsi que la résistance du rhéostat de démarrage ne sera pas réduite par l'excitation du relais simple avant que, le relais double ayant fonctionné, la mise en marche de l'électromoteur ait au moins été *préparée*. Plus loin, nous indiquerons comment on peut faire en sorte que la sécurité soit plus complète encore et que la réduction de la résistance du rhéostat ne s'effectue que lorsque le démarrage a été effectivement obtenu.

107. — En second lieu, un *poussoir* est généralement commandé par l'extrémité du levier L située du côté des contacts de court-circuit. Nous avons représenté à part un de ces poussoirs dans la figure 54.

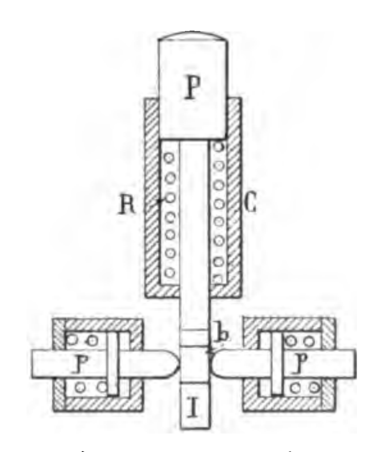


Fig. 54. — Contact *poussoir*.

Un piston P peut se mouvoir dans un cylindre C et un ressort R le maintient relevé dans la position de repos. Le piston est muni à la partie inférieure d'un cylindre isolant I dans lequel est encastrée une bague en laiton *b*. Deux petits pistons à ressort *p* appuient latéralement sur la tige du piston P; ces contacts *p* communiquent avec les extrémités d'une interruption pratiquée dans le circuit d'excitation de l'électro-aimant principal du relais double jumeau de celui-ci.

Lorsque le relais n'est pas actionné et que le levier L vient, sollicité par son ressort antagoniste, appuyer sur le piston P, les contacts *p* appuient sur la bague métallique (cas de la *fig. 54*), le circuit du relais jumeau n'est plus

interrompu et ce dernier relais peut être actionné. Si, au contraire, le premier relais est actionné, le piston P se relève, les contacts *p* appuient sur la partie isolante et on ne peut actionner le relais jumeau. Ainsi, un seul des relais doubles peut être électriquement actionné à la fois ; on évite ainsi la mise en court-circuit de la génératrice.

C'est un *poussoir* semblable qui est employé pour la mise en cascade des relais simples (**103**); mais, dans ce cas, l'interruption existe lorsque le poussoir est *relevé* et les contacts *p* appuient au contraire sur la bague *b* lorsque le poussoir est *comprimé;* c'est affaire de réglage de la position de cette bague.

108. 3° Relais moyen modèle (50 a 100 ampères). — Les relais moyen modèle sont semblables aux relais grand modèle, dimensions à part. Toutefois, le relais double moyen modèle ne comporte pas de balais métalliques pour la mise en court-circuit de l'induit, les contacts en charbon assurant seuls ce court-circuit.

109. 4° Relais simple petit modèle. — Dans ce modèle (courants de 0 à 50 ampères), un électro-aimant *cuirassé* E est capable, lorsqu'il est excité, d'attirer un noyau en fer mobile N, malgré un ressort antagoniste R, logé dans l'intérieur du noyau et dont la tension est réglée par une vis V. Le noyau N est fixé à une traverse en bronze T, guidée par les épanouissements *g* d'une pièce en bronze fixée au couvercle de l'électro-aimant ; une barrette *t* réunit les guides *g* et sert de butoir supérieur à la traverse T (*fig.* 55).

A ses deux extrémités, la traverse T porte deux douilles A à ressort *r* et isolées de la traverse, dans lesquelles peut coulisser un piston B supportant un charbon mobile C*m*, à l'aide d'une douille à serrage D ; la position du charbon dans la douille est réglable au moyen de la vis *v*. Les deux

douilles A sont mises en communication électrique permanente par un conducteur isolé.

Sur le même socle que l'électro-aimant E sont fixées deux douilles D portant les charbons fixes C*f*; ces douilles et les charbons qu'elles portent sont isolés du socle. Les deux charbons fixes C*f* servent de plots pour l'aboutissement des extrémités d'un circuit. Lorsque l'électro-aimant

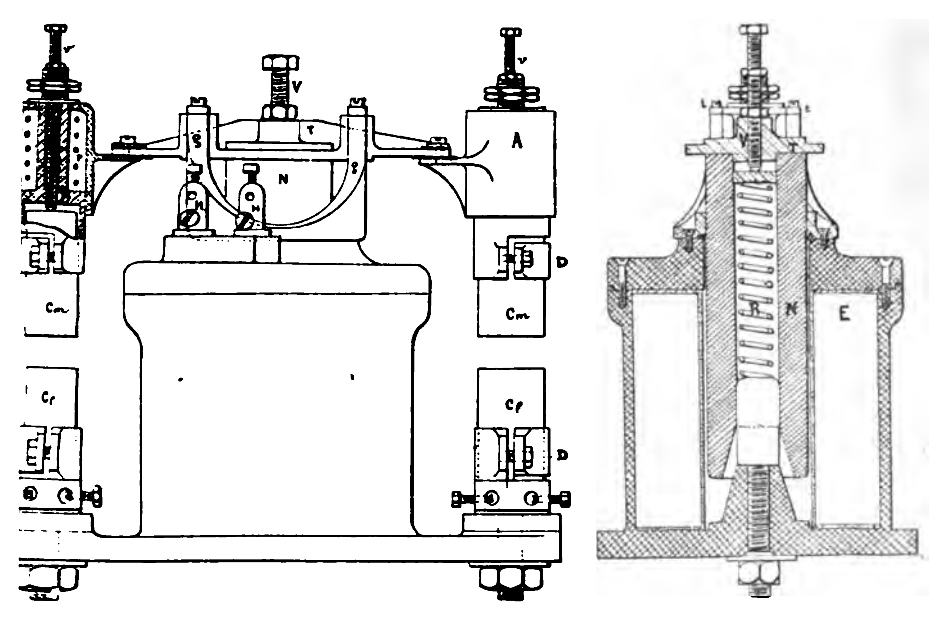
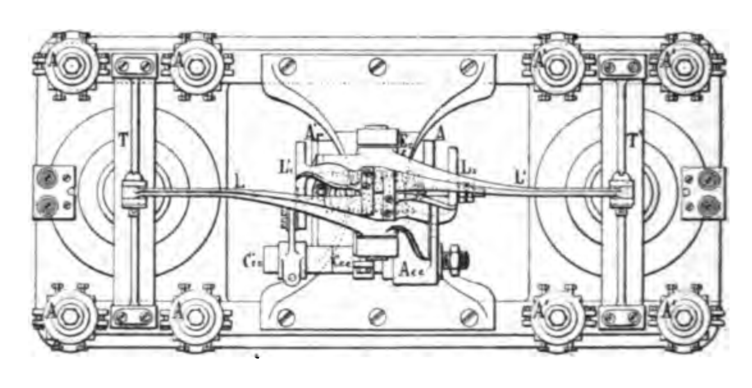


Fig. 55. — Relais simple, petit modèle, des *Forges et Chantiers de la Méditerranée*.

E est excité, le noyau N est attiré et les charbons mobiles C*m* venant s'appliquer sur les charbons fixes, un pont, formé par le conducteur relié aux douilles A, établit la communication entre les deux plots C*f*. Si on suppose que les extrémités de la résistance d'un rhéostat sont reliées aux plots C*f*, le pont établi entre ces plots par l'abaissement du relais supprime cette résistance du circuit.

Les fils d'arrivée et de sortie du courant dans la bobine de l'électro-aimant E sont fixés aux bornes H.

110. 5° Relais double petit modèle, a double marche. — Le relais double petit modèle est dit *à double marche,* parce qu'il est formé de la réunion de deux relais doubles, l'un servant pour la marche dans un sens et le second pour



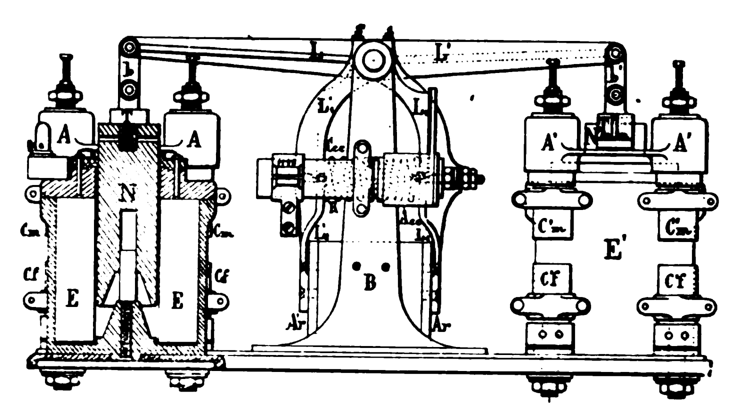


Fig. 56. — Relais double petit modèle, à double marche, des *Forges et Chantiers de la Méditerranée.*

la marche dans l'autre sens, chacun des relais établissant deux ponts pour le passage du courant dans l'induit du moteur électrique.

Comme on le voit sur la figure 56, ce relais à double action comprend deux électro-aimants E et E′, toujours cuirassés, dont les noyaux N et N′ sont fixés à deux leviers

en forme d'équerre L et L' pouvant osciller autour du même axe O, supporté par un bâti B. Ces deux leviers, en outre de leurs branches horizontales L et L', portent des branches verticales L_1 et L'_1 réunies par un ressort R à tension réglable au moyen d'une tige filetée non représentée sur la figure.

Les branches horizontales L et L' sont à leurs extrémités articulées avec deux biellettes *b* et *b'* reliées à deux traverses T et T' qui sont elles-mêmes fixées aux noyaux N et N' des électro-aimants correspondants. Chaque traverse supporte quatre charbons mobiles C*m* ou C'*m*, deux à chaque extrémité de la traverse. Ces charbons sont montés, comme dans les relais précédents, dans des douilles à ressort A et A'. D'autre part, la plaque de fondation porte à chaque bout quatre charbons fixes C*f* ou C'*f*, deux de chaque côté de l'électro-aimant E ou E'. Ces charbons fixes sont isolés et servent de plots pour l'attache des fils du circuit. Comme les charbons mobiles sont reliés deux à deux d'une manière permanente, par un conducteur, l'abaissement de l'un ou l'autre des leviers L ou L' établit un double pont, soit entre les plots de gauche, soit entre les plots de droite; il suffit pour cela d'exciter, soit l'électro-aimant de gauche, soit l'électro-aimant de droite, et les connexions entre la génératrice et le moteur, par l'intermédiaire des plots fixes, sont disposées de telle sorte que suivant que l'un ou l'autre des électro-aimants établit les contacts à gauche ou à droite, le courant passe dans le moteur dans un sens ou dans l'autre. L'ensemble de ce relais double agit donc comme un inverseur du courant.

111. — Pour empêcher les deux leviers L et L' d'être abaissés en même temps, on les a munis de barrettes *s* et *s'* placées près de l'axe, de telle sorte que, lorsqu'un des leviers est abaissé, sa barrette vient appuyer sur l'autre, ce qui empêche le second levier d'être abaissé à son tour. Cette disposition constitue une *sécurité mécanique*.

Lorsque les deux leviers sont relevés, comme l'indique la figure, les deux branches verticales, attirées par le ressort qui les unit, viennent appuyer l'un sur l'autre deux charbons C*cc* et C*cc'* dont l'un est fixé à la branche L'_1 et dont l'autre est porté par une douille à piston A*cc* solidaire de la branche L_1. Comme nous le verrons, ces deux charbons étant reliés aux balais du moteur électrique, leur mise en contact établit un *court-circuit* pour ce dernier et en provoque l'arrêt brusque, lorsque aucun des deux électro-aimants E ou E' n'est excité.

L'électro-aimant auxiliaire E*cc*, dit *de court-circuit*, est intercalé sur le conducteur reliant les balais du moteur électrique par l'intermédiaire des charbons de court-circuit. Il doit empêcher, comme dans le relais précédent, le rebondissement des contacts de court-circuit, lorsque les leviers L et L' se relèvent ; à cet effet, l'électro-aimant E*cc* parcouru momentanément par le courant d'induction résultant du court-circuit attire fortement les armatures A*r* et A'*r* portées par les branches verticales des leviers en équerre.

112. *Contacts supplémentaires.* — Des *contacts supplémentaires,* non représentés dans la figure 56, existent encore le plus souvent sur les relais doubles. Ces contacts sont du genre *poussoir*. Dans un cylindre C (*fig. 57*) peuvent se mouvoir deux pistons P et P' entre lesquels se trouve un ressort R. Le cylindre C est fixé au bâti du relais et les branches verticales L_1 et L'_1 des leviers du relais, lorsque les électro-aimants ne sont pas excités, viennent comprimer le ressort R, en appuyant sur les extrémités des tiges des pistons. D'autre part, deux contacts à ressort *p* et *p'* appuient sur les tiges des pistons P et P' ; ces tiges sont terminées par des parties isolantes I et I' et, à l'état de repos, la borne A fixée sur le cylindre C n'est pas en communication ni avec la borne B ni avec la borne B' fixées aux contacts *p* et *p'*. L'ensemble constitue donc un interrupteur que l'on intercale sur le circuit d'excitation des relais

simples, de telle manière que ce circuit ne puisse être fermé que lorsque tout d'abord un des électro-aimants du relais double ayant été excité, le levier L_1 ou le levier L'_1 cessant d'appuyer sur un des pistons P ou P′, le ressort R en réagissant fera porter leur partie métallique sur un des contacts *p* ou *p′*, mettant ainsi en communication A avec B ou B′. Nous avons dit à propos du relais précédent quel est le rôle de cette sécurité.

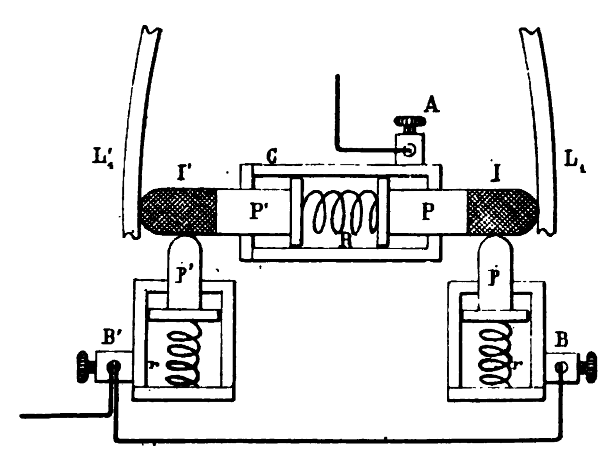


Fig. 57. — Contacts supplémentaires des relais doubles petit modèle.

113. Remarques. — I. Tout d'abord, il est bon d'indiquer que tous les électro-aimants principaux des relais sont enroulés de fils fins d'un diamètre de 0,3 à 0,5 mm ; ils doivent être excités par une dérivation du courant pris aux bornes de la génératrice, à 80 volts par conséquent, ou en deux points présentant une différence de potentiel de 40 à 80 volts environ. Le courant qui traverse ces électro-aimants varie, suivant le modèle, de 0,3 à 0,5 ampère, sous 80 volts.

Par contre, les électro-aimants de court-circuit destinés à être traversés par un courant intense sont enroulés de gros fil (toujours 4 mm de diamètre). Leur résistance doit être assez faible pour que le freinage reste énergique ; géné-

ralement cette résistance est voisine de 0,004 à 0,005 ohm (3 mètres de fil environ).

II. Les charbons mobiles pare-étincelles des relais moyen et grand modèles doivent fléchir de 5 mm environ pour que les contacts métalliques principaux puissent s'établir; c'est un réglage auquel il faut veiller.

De cette manière, l'étincelle de rupture entre les charbons ne se produit, le levier du relais se relevant, que lorsque les contacts métalliques sont déjà distants de 5 mm environ. Il faut aussi que la pression entre les charbons soit assurée par le bon état des ressorts des pistons.

III. Le courant allant de la génératrice à l'induit doit être coupé avant que le court-circuit soit établi pour ce dernier, lorsque le levier du relais double se relève. Dans ce but, il faut régler les contacts du court-circuit de manière que ce dernier ne s'établisse que lorsque les charbons mobiles pare-étincelles des contacts principaux se sont déjà écartés des charbons fixes, de 3 mm environ. Dans le cas des relais doubles grand modèle, les charbons de court-circuit doivent établir leurs contacts les premiers, le levier se relevant, et cela lorsque les charbons mobile et fixe principaux se sont écartés de 3 mm environ et que les balais se sont écartés des plots métalliques de 8 mm environ; les contacts métalliques de court-circuit doivent s'établir après que les charbons mobiles de court-circuit ont fléchi de 2 mm.

114. Modifications des relais destinés aux installations futures. — Pour les installations nouvelles, les relais ont subi des modifications assez profondes. Outre que la différence de potentiel de distribution a été portée de 80 à 120 volts et qu'il en est résulté nécessairement des changements dans les éléments de construction des relais, ils ont subi des changements de forme dont nous allons parler.

Le principe général admis pour la construction des relais que nous venons de décrire était que les contacts princi-

paux, ceux qui commandaient le passage du courant dans les électromoteurs ou les rhéostats, étaient établis ou rompus en deux points à la fois, à l'aide de *ponts*. Les ruptures, en particulier pour les courants intenses, se produisaient ainsi plus aisément et avec les moindres chances de détérioration des surfaces de contact. Mais naturellement, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par les descriptions précédentes, l'emploi de ponts exige un ajustage soigné des contacts, puisque deux contacts doivent se produire *en même temps* et qu'on ne peut compter, pour les relais moyen et grand modèle, que sur la légère flexion des balais métalliques; il en résulte donc un prix de revient assez élevé. Par raison d'économie, on a supprimé, pour les relais moyen modèle, l'établissement des contacts par ponts. Ainsi, dans le relais simple (*fig.* 52), au lieu de deux balais métalliques, un seul est conservé qui vient appuyer, lorsque le relais est actionné, sur un plot P unique également. Les deux extrémités de la résistance à mettre en court-circuit sont reliées l'une au plot P et l'autre au balai B mobile, *par l'intermédiaire d'un conducteur souple*. Nous verrons, en étudiant les commandes électriques des treuils, des exemples de cette disposition (**188**).

Dans le relais double moyen modèle, il n'y a pareillement que deux balais, un de chaque côté du levier, et deux plots; chaque balai et le plot correspondant remplaçant deux plots et le pont formé de deux balais qui existe dans la forme ordinaire (*fig.* 53); les communications avec l'électromoteur des balais mobiles du relais se font à l'aide de deux conducteurs souples.

Les relais grand modèle n'ont pas changé de forme.

115. — Les relais petit modèle ont été encore plus profondément modifiés que les relais moyen modèle. Tout d'abord, on les emploie de o à 60 ampères, au lieu de o à 50 ampères.

Ensuite, on les a retournés tête en bas, de manière que

les noyaux tendent à tomber et à sortir naturellement des bobines et que l'attraction de celles-ci tende à les faire remonter. Le poids des noyaux est alors seul utilisé comme force antagoniste et les ressorts peuvent être supprimés. Il est clair que la chute du noyau est limitée, à l'état de repos, par un arrêt. Cette modification se traduit, pour les relais doubles petit modèle à double marche, par une simplification considérable dans l'agencement mécanique.

116. Installation d'une commande par relais pour un treuil électrique à munitions, disposition simple. — L'installation de la commande par relais d'un treuil à munitions peut être plus ou moins complexe, suivant la puissance du treuil et la précision de manœuvre désirée. D'ailleurs, bien des variantes successives ont été appliquées. Nous allons expliquer successivement les plus importantes de ces variantes.

Tout d'abord, nous supposerons que le treuil est à une seule benne et qu'il n'est destiné à desservir qu'un seul étage.

La figure 58 montre schématiquement les connexions entre les divers appareils. Ces derniers sont :

1° Le *tableau des relais* T ;

2° Le *rhéostat de démarrage* R_1 ;

3° Le *commutateur automatique de démarrage et de ralentissement avant l'arrêt* C, complété par l'*interrupteur de sécurité ;*

4° Le *commutateur de secours* B ;

5° Les deux *commutateurs de mise en marche et d'arrêt automatique,* haut et bas, A et A'.

Ces divers appareils sont reliés à la source G, à l'induit I de l'électromoteur et à son inducteur E.

Disons tout de suite que l'excitation du moteur est ici supposée faite en dérivation ; il en était toujours ainsi autrefois ; depuis peu, l'excitation est le plus souvent compound, comme nous le verrons dans les schémas suivants. Nous

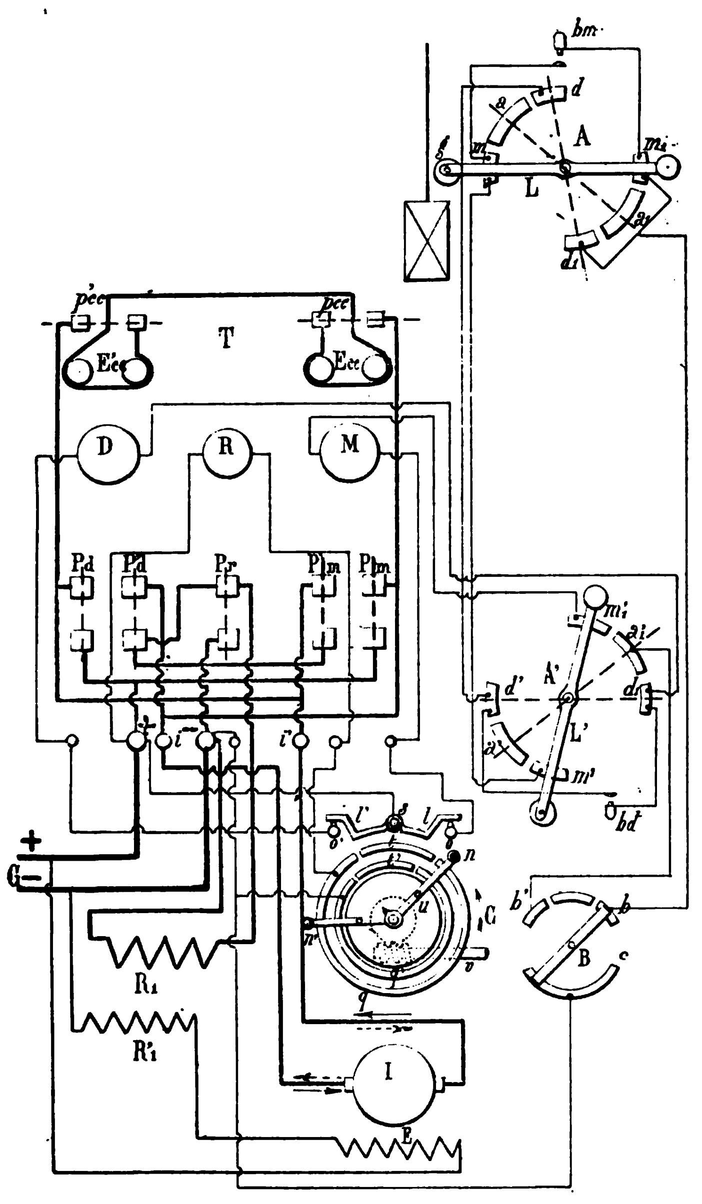


Fig. 58. — Treuil à munitions à simple benne; schéma des connexions de la commande par relais.

avons représenté en R_1' la résistance installée sur le circuit d'excitation pour régler, *une fois pour toutes*, aux essais, la vitesse à une valeur déterminée.

117. *Tableau des relais.* — Le tableau des relais comprend trois relais, dont deux doubles, l'un M établissant les communications pour la *Montée*, l'autre D pour la *Descente*. Lorsque le relais M est actionné, les deux ponts établissant des communications entre les plots P*m* et P'*m* sont abaissés; ces ponts sont ici figurés par des lignes pointillées; il en est de même pour le relais D et les plots P*d* et P'*d*.

Le troisième relais R, lorsqu'il est actionné, établit un pont entre les plots P*r* et la résistance de démarrage R_1 en dérivation entre ces plots est ainsi mise en court-circuit.

Si l'on examine les communications des plots P*m* et P*d* entre eux et avec la génératrice G et l'électromoteur I, on voit que les plots inférieurs *symétriques* P*m* et P*d* sont réunis électriquement et que les deux paires de plots ainsi obtenues communiquent l'une avec le pôle positif + G de la génératrice, l'autre avec le pôle négatif — G, par l'intermédiaire des plots P*r*. D'autre part, les plots P*m* et P*d* supérieurs *non symétriques* sont également reliés par paires et chaque paire est en communication avec un des balais de l'électromoteur I. Ces communications symétriques ou croisées des plots se retrouveront dans toutes les dispositions de ce genre et ce sont elles qui permettent d'obtenir l'inversion du courant dans l'induit de l'électromoteur, dont l'inducteur reste dérivé aux bornes de la génératrice, ou tout au moins en deux points dont la différence de potentiel reste sensiblement constante. Il est bien entendu que les fils marqués + G et — G viennent ordinairement d'un tableau de distribution, souvent un tableau spécial pour le monte-charge, et qu'un interrupteur général permet de donner ou d'interrompre le passage au courant jusqu'au tableau des relais; le même interrupteur, et quelquefois un interrupteur spécial, excite l'inducteur E une fois pour toutes au commencement de la

manœuvre du monte-charge ; on ne doit plus toucher ensuite à l'excitation, jusqu'à ce qu'on cesse d'utiliser le treuil.

Supposons que le relais M soit abaissé (on verra tout à l'heure comment), les ponts relient les plots P*m* et P'*m*. Le courant venant de + G gagne alors les plots P*m*, rejoint la borne *i*, passe par l'induit I de l'électromoteur, dans le sens de la flèche pleine, arrive à la borne *i'*, puis aux plots P'*m*, au plot P'*d* inférieur, au plot P*r* supérieur, passe à travers la résistance R_1 de démarrage et regagne le pôle négatif de la génératrice — G. Si, au contraire, le relais M cessant d'être actionné, les ponts du relais D de descente sont abaissés, le courant suit le chemin : + G, plots P*d*, borne *i'*, induit I de l'électromoteur, dans le sens de la flèche pointillée, borne *i*, plot P'*d*, plot P*r*, résistance R_1, — G. Le courant a donc été inversé dans l'induit. Nous supposerons que les choses sont réglées de manière que le premier sens du courant soit le sens nécessaire pour la montée de la benne, le second celui de la descente.

Lorsque les deux relais M et D sont relevés, le *court-circuit* entre les balais de l'induit est établi, comme le montre la figure, par les ponts de court-circuit *pcc*, *p'cc*, tous deux abaissés ; le contact est d'ailleurs assuré pour ces ponts par les électro-aimants de court-circuit E*cc*, E'*cc* traversés par le courant momentané provenant de la prolongation du mouvement de l'induit dans le champ des inducteurs restant excités.

118. Commutateur automatique de démarrage et de ralentissement avant l'arrêt. — Ce commutateur comporte un plateau *u*, solidaire d'une roue striée commandée par une vis sans fin *v*, laquelle reçoit son mouvement du tambour d'enroulement du treuil, grâce à un pignon d'angle. Sur le plateau *u* sont fixés deux bras métalliques *n* et *n'* ; ces bras, entraînés par le mouvement du plateau, portent chacun un frotteur qui appuie, l'un sur une circulaire interne métallique *q'*, l'autre sur une circulaire externe *q*.

Ces circulaires immobiles sont interrompues en t et t' et remplacées par des secteurs isolés. Le fil de l'électro-aimant R commandant le rhéostat R_1 aboutit, d'une part, directement au pôle + G de la source, de l'autre au pôle — G en passant par l'interrupteur qq'; si les bras n et n' qui communiquent entre eux électriquement portent sur les circulaires q et q', l'interruption n'existe plus et le circuit de l'électro-aimant R étant complet, cet électro-aimant est excité et supprime la résistance R_1; quand, au contraire, un des bras n ou n' porte sur un des secteurs isolés t ou t', l'électro-aimant R a son circuit interrompu et la résistance R_1 est dans le circuit de l'induit du moteur. La position des bras n et n' sur le plateau peut être réglée, grâce à une rainure et une vis de pression, non représentées ici; on peut ainsi faire varier la position absolue des bras, par rapport au plateau, et la distance angulaire qui les sépare. Ces positions sont réglées de manière que l'un des deux bras soit sur les plots isolés t ou t' au démarrage et un peu avant la fin de la course de la benne en haut et en bas, de façon à ce que la résistance R_1 soit alors en circuit; cette résistance sera supprimée automatiquement quand le monte-charge, ayant démarré, aura fait déjà un certain parcours dépendant de l'amplitude des secteurs t et t' ainsi que du rapport des vitesses du tambour du treuil et du plateau u.

119. — L'*interrupteur de sécurité* qui fait partie du commutateur précédent consiste en deux leviers l et l', mobiles autour d'un axe s, et qui, sollicités par des ressorts, non représentés sur la figure 58, viennent appuyer au repos sur les contacts fixes o et o'. Comme ces derniers communiquent respectivement avec une des extrémités des électro-aimants M et D, et l'axe s avec le pôle positif de la source, le système constitue un double interrupteur intercalé sur la branche positive des relais de montée et de descente. A l'état normal, cette interruption est fermée; mais, si la benne, en arrivant à bout de course, ne provoque pas l'arrêt de

l'électromoteur, en agissant sur des interrupteurs placés convenablement dans le puits du monte-charge, les bras *n* ou *n'* viendront appuyer par leur extrémité sur les leviers *l* ou *l'*, relever ces leviers et, ouvrant ainsi le circuit des relais M ou D, stopper le moteur électrique.

Nous devons dire, tout de suite, que cet interrupteur de sécurité ne doit pas fonctionner *normalement*, mais seulement au cas où les arrêts ordinaires font défaut; il y aura lieu de régler en conséquence la position des bras *n* et *n'*; le fonctionnement de cet organe dépend, non pas de la position occupée par la benne dans le puits, mais bien du nombre de tours faits par l'électromoteur, et la régularité plus ou moins grande d'enroulement du câble sur le tambour influe sur la position de la benne correspondant au même nombre de tours du moteur. L'interrupteur de sécurité ne saurait donc provoquer l'arrêt de la benne avec une précision toujours suffisante et il vaut mieux, quand cette précision est nécessaire et que des systèmes d'arrêt convenables ont été en conséquence disposés dans le puits du monte-charge, utiliser normalement ces derniers.

120. *Commutateurs de mise en marche et d'arrêt automatique*. — Ces commutateurs, au nombre de deux, A et A', sont placés l'un au poste de chargement de la benne, en bas de sa course, l'autre au poste de déchargement, en haut. Ils comprennent un certain nombre de plots et un levier de manœuvre L établissant des communications entre les plots diamétralement opposés. Ce levier peut, dans chaque commutateur, occuper trois positions, la position de *montée m*, celle de *descente d* et la position intermédiaire d'arrêt *a*. Les communications des plots entre eux ou avec la source et les enroulements des relais de montée M ou de descente R réalisent le desideratum suivant : quand les *deux leviers* L et L' sont dans la position de *montée* (sur *m* et *m'*), le circuit du relais de montée est complet et il est actionné, mettant ainsi le moteur électrique en marche pour la montée de la

benne ; si *un des leviers* quitte la position de montée, une interruption se produit dans le circuit du relais M, qui se relève, arrêtant ainsi le moteur. Il en est de même pour le relais de descente D, dont le circuit n'est complet que si les leviers des deux commutateurs sont à la fois dans la position de descente d et d'.

Par exemple, supposons les deux leviers dans la position de *montée* (m et m') qui est celle représentée par la figure. Le courant passe dans l'enroulement du relais M par le chemin suivant :

+ G, s de l'interrupteur de sécurité, o, relais M, plot m'_1 du commutateur bas, levier L', plot m', plot m du commutateur haut, levier L, plot m_1, plot b du commutateur de secours, — G.

Le relais M étant excité, l'électromoteur se met en marche pour la montée. L'arrêt se produit automatiquement, parce que la benne arrivée à sa position haute vient rencontrer l'extrémité à galet g du levier L et l'entraînant le ramène sur le plot d'arrêt a ; à cet effet, la benne porte une came dont on peut régler la position de manière à faire varier quelque peu la position d'arrêt. La position d'arrêt peut être obtenue d'une manière précise, parce que l'induit du moteur est mis en court-circuit lorsque le relais M se relève.

Les commutateurs A et A' sont complétés par des contacts élastiques bm et bd, analogues aux boutons de sonneries électriques et dénommés *boutons complémentaires*. Le contact bm, s'il est pressé, établit la communication entre le plot de montée m et le plot diamétralement opposé m_1, lorsque le levier L ayant été ramené sur la position d'arrêt a, la communication normale par ce levier est rompue. Il en est de même pour le bouton bd du poste inférieur. Ces boutons permettent, comme nous le verrons tout à l'heure, de rectifier la position de la benne, lorsque l'arrêt automatique ne s'est pas produit exactement à l'endroit convenable.

121. *Commutateur de secours.* — Le commutateur de

secours B est destiné à suppléer le commutateur de manœuvre supérieur A, dans le cas où une avarie rendrait ce dernier commutateur indisponible. C'est un simple commutateur à deux directions, le levier de contact pouvant porter sur le plot b ou sur le plot b'. Dans la position normale, sur le plot b, le commutateur de secours relie le conducteur venant des plots m_1 et d_1 du commutateur supérieur au pôle négatif — G de la source; on utilise alors pour la manœuvre les deux commutateurs A et A′, comme il a été dit plus haut. En cas d'avarie de A, on place alors le levier du commutateur de secours sur b' et on manœuvre uniquement avec le commutateur inférieur A′; pour la montée, on place le levier L′ à cheval sur m'_1 et a'_1; pour la descente, on le place à cheval sur d'_1 et a'_1. Dans le premier cas, on voit que le relais M est excité, le courant suivant le chemin : génératrice + G, interrupteur de sécurité s, o, relais M, commutateur de mise en marche inférieure plot m'_1, plot a'_1, commutateur de secours plot b', génératrice — G; pour stopper, on met le levier L′ sur a'_1 seulement.

122. *Fonctionnement.* — Nous pouvons maintenant résumer le fonctionnement des divers organes que nous venons de décrire.

La benne est supposée à son poste inférieur, le câble de suspension tendu; les commutateurs de mise en marche A et A′ ont leurs leviers sur *Arrêt;* le commutateur de secours B a son levier sur b; le commutateur de démarrage C est au repos, le bras n' portant sur le secteur isolé t', le bras n appuyant sur la circulaire q.

On ferme au tableau de distribution le ou les commutateurs permettant d'envoyer le courant de la génératrice au treuil; l'excitation des inducteurs E est ainsi obtenue et on la vérifie (**I, 264**).

Le levier du commutateur de mise en marche supérieur A est mis dans la position de *montée,* sur m (*fig. 58*); la mise en marche est ainsi *préparée;* si maintenant le levier L′ du

commutateur de mise en marche inférieur est mis lui-même sur *Montée* en *m'*, le relais de *montée* M s'abaisse, le courant est lancé dans l'induit du moteur électrique, qui démarre et tourne dans le sens convenable pour la montée ; la résistance R_1 reste en circuit, puisque le relais R a son circuit ouvert en *t'*; la benne monte à *petite vitesse*. Mais, quand une certaine distance a été ainsi parcourue, le plateau *u* du commutateur de démarrage ayant tourné dans le sens de la flèche, le bras *n'* quitte le secteur *t'* et vient toucher la circulaire *q'*, les deux circulaires *q* et *q'* communiquant alors entre elles, le circuit du relais R est complet (**118**), ce relais s'abaisse, supprimant la résistance R_1 et l'électromoteur tourne désormais à *grande vitesse*. Lorsque la benne est sur le point d'arriver à bout de course, en haut, le bras *n* du commutateur de démarrage vient porter à son tour sur le secteur isolé *t*; le circuit de relais R est rompu, ce relais se relève et la résistance R_1 est remise en circuit ; le mouvement de la benne se ralentit. Peu de temps après, la came de la benne rencontre le galet *g* du levier L, qu'elle entraîne et porte sur la position d'arrêt *a*; le relais M se relève, interrompt le courant dans l'induit de l'électromoteur et met cet induit en court-circuit (**117**); l'électromoteur et la benne s'arrêtent. Le court-circuit se produit parce que les deux relais M et D étant relevés, les ponts de court-circuit *pcc* et *p'cc* sont tous les deux établis.

123. — L'arrêt est ainsi obtenu, avec une variation de quelques millimètres au plus, dans les conditions normales. Si la position de la benne ne paraît pas suffisamment élevée, en donnant quelques petits coups sur le bouton complémentaire *bm*, on remet en activité le relais M et on peut rectifier la position. Il faut toutefois n'agir sur ce bouton que pendant des instants très courts, en répétant plusieurs fois l'opération s'il le faut ; on peut alors faire monter la benne, de très petites quantités à la fois, et obtenir la position souhaitée avec toute la précision désirable, sans avoir à craindre

un choc sur les butoirs supérieurs, puisque la vitesse prise par la benne reste alors toujours très faible ; l'accélération, après le démarrage, *n'ayant pas le temps de se produire.*

124. — La principale cause faisant varier la position d'arrêt de la benne est la variation de la différence de potentiel donnée par la génératrice. Il semble que l'influence de celle-ci doive être négligeable, puisque l'arrêt de la benne est provoqué automatiquement par son arrivée à une certaine hauteur dans le puits du monte-charge. Il en serait ainsi, en effet, si le seul fait pour la benne d'arriver à la position où l'arrêt doit se produire et de *toucher* en cet endroit un levier amenait l'*arrêt instantané* du moteur électrique. En réalité, la benne doit *déplacer* le levier L ; le relais M doit *perdre son excitation,* puis *se relever,* puis mettre l'induit en *court-circuit ;* malgré le court-circuit, le moteur ne s'arrête qu'au bout d'un temps très court, mais non nul. Toutes ces opérations *successives* demandent un certain temps *t,* pendant lequel la benne continue à monter ; de sorte qu'on est obligé de commencer les opérations du stoppage un temps *t* avant que la benne soit arrivée à la position d'arrêt définitif qu'il convient de lui faire occuper. Or pendant ce temps *t* la benne parcourt des distances différentes, suivant la vitesse dont elle est animée ; et cette vitesse dépend évidemment de la différence de potentiel fournie par la source, tant pendant que le courant passe encore dans l'électromoteur (premières opérations de stoppage) que même lorsque, le courant ayant été supprimé, le moteur ne marche plus qu'en vertu de la vitesse acquise. On conçoit donc qu'il faudrait, pour chaque valeur de la différence de potentiel, régler la position de la came de la benne qui doit commencer les opérations d'arrêt ; il vaut mieux s'arranger de façon que dans les conditions normales l'arrêt définitif soit obtenu lorsque la benne est encore à quelques millimètres de la position qu'elle doit occuper ; avec une différence de potentiel plus faible, elle montera

encore un peu moins haut ; mais au moyen du bouton *bm* on rectifie aisément la position.

125. — La benne étant déchargée, les commutateurs A et A′ étant mis sur *Descente,* la benne redescend et tout se passe comme il vient d'être dit pour la montée. L'emploi des deux commutateurs en série permet d'éviter les accidents qui pourraient survenir si d'un des postes on pouvait manœuvrer le monte-charge sans que l'autre poste fût paré à le recevoir. En service courant, le poste le plus tôt paré met son commutateur sur la position correspondant au mouvement qu'il désire obtenir et quand l'autre poste à son tour le peut ou le veut, la mise en marche s'effectue.

126. — Dans le cas où l'on manœuvre avec le commutateur de secours dans la position *b′* et avec le commutateur de mise en marche inférieur seulement, c'est l'interrupteur de sécurité qui provoque l'arrêt et il faudra le régler en conséquence. Mais ce n'est là qu'un pis-aller.

En fonctionnement normal avec les deux commutateurs haut et bas, il importe, nous l'avons dit, que l'interrupteur de sécurité ne fonctionne pas intempestivement. L'ordre des opérations doit être le suivant : 1° introduction de la résistance R_1 dans le circuit, par le relevage du relais R dû au passage du bras *n* sur le secteur *t;* 2° actionnement du levier L par la benne ; 3° si l'opération précédente n'a pas produit son effet, arrêt par l'action du bras *n* sur le levier *l*.

Il faut donc que le bras *n* puisse porter sur le secteur *t* un certain temps avant que son extrémité agisse sur le levier *l;* on y parvient par une position et une dimension convenables données au secteur *t* et aussi parfois en modifiant le profil du levier *l,* ce qui permet à l'extrémité du bras *n* de venir en prise avec lui plus ou moins vite.

127. Remarque. — La description de l'installation que nous venons de faire s'applique à un certain nombre de

monte-charges existant sur des navires des plus modernes (*Iéna*). En outre, un grand nombre de monte-charges anciens se rattachent à cette description, par le genre des appareils employés et par leurs liaisons. Ils en diffèrent toutefois par des détails plus ou moins nombreux et plus ou moins importants.

C'est ainsi que les monte-charges à relais les plus anciennement installés à bord d'un navire (*Cécille*) n'avaient pas de commutateur de secours ; le commutateur de démarrage était de forme complètement différente et ne possédait pas, comme celui que nous venons d'étudier, un interrupteur de sécurité ; les relais différaient aussi quelque peu de ceux que nous avons décrits, ils en avaient cependant la forme générale.

128. — Plus tard, on introduisit le commutateur de secours, et le commutateur de démarrage, avec son interruption de sécurité, fut identique à celui dont nous nous sommes occupés. Mais les relais eurent une autre disposition; les ponts furent placés perpendiculairement au levier portant l'armature des électro-aimants, au lieu d'être parallèles à ce levier, comme dans les relais actuels ; ce qui modifiait considérablement l'*aspect* des connexions entre les plots ; de plus, les relais doubles ne comprenaient pas d'électro-aimant de mise en court-circuit ; cette dernière modification, très malheureuse, avait beaucoup diminué la précision de l'arrêt de la benne.

129. — A bord de certains navires (*Carnot*), on avait aussi supprimé, annihilé, la disposition si heureuse des deux commutateurs de mise en marche en série ; en *compliquant* l'installation par l'addition de nouveaux électro-aimants faisant partie des commutateurs et de nouveaux fils de jonction, on permettait à chacun des postes de mettre en marche sans le consentement de l'autre poste et on n'était plus ainsi à l'abri d'accidents amenés par l'indisponibilité d'un

des postes. Le poste inférieur pouvait, par exemple, envoyer en haut la benne chargée de munitions, même si le poste supérieur était suffisamment approvisionné ou si l'orifice du puits du monte-charge était obstrué par un obstacle quelconque; le poste supérieur, dans un pareil cas, ne pouvait que communiquer à la voix le désir qu'il avait de ne plus recevoir de munitions, ou le danger que pouvait courir la benne de s'écraser contre l'obstacle en montant. C'est pour éviter toute conversation que le système des deux commutateurs en série a été imaginé.

130. Installation d'une commande par relais pour un treuil électrique à munitions; disposition pour deux bennes. — Nous supposerons maintenant que le monte-charge comprenne deux bennes, l'une montant pendant que l'autre descend. Naturellement, il doit en résulter quelques changements dans la disposition du treuil et de sa commande électrique; nous allons étudier ces changements. Mais, en même temps, nous profiterons de cette occasion pour introduire, dans le nouveau schéma de l'installation, divers perfectionnements qui peu à peu ont été mis en application. Il est entendu que plusieurs de ces perfectionnements peuvent se retrouver, isolément ou ensemble, dans des commandes de treuils à une seule benne; nous faisons ici une synthèse des diverses étapes successives par lesquelles ont passé les installations.

131. — La figure 59 représente schématiquement les connexions des divers appareils. On y retrouve la plupart des organes dont il a été question dans la disposition précédente.

Sur le tableau des relais T, on remarque encore deux relais doubles M_1 et M_2, l'un actionné pour la montée de la benne n° 1 et l'autre pour la benne n° 2; un relais R permet encore de supprimer la résistance de démarrage, quand les bennes ont déjà parcouru une certaine distance à la

montée, et de réintroduire cette résistance dans le circuit de l'induit un peu avant l'arrêt à bout de course. Remarquons

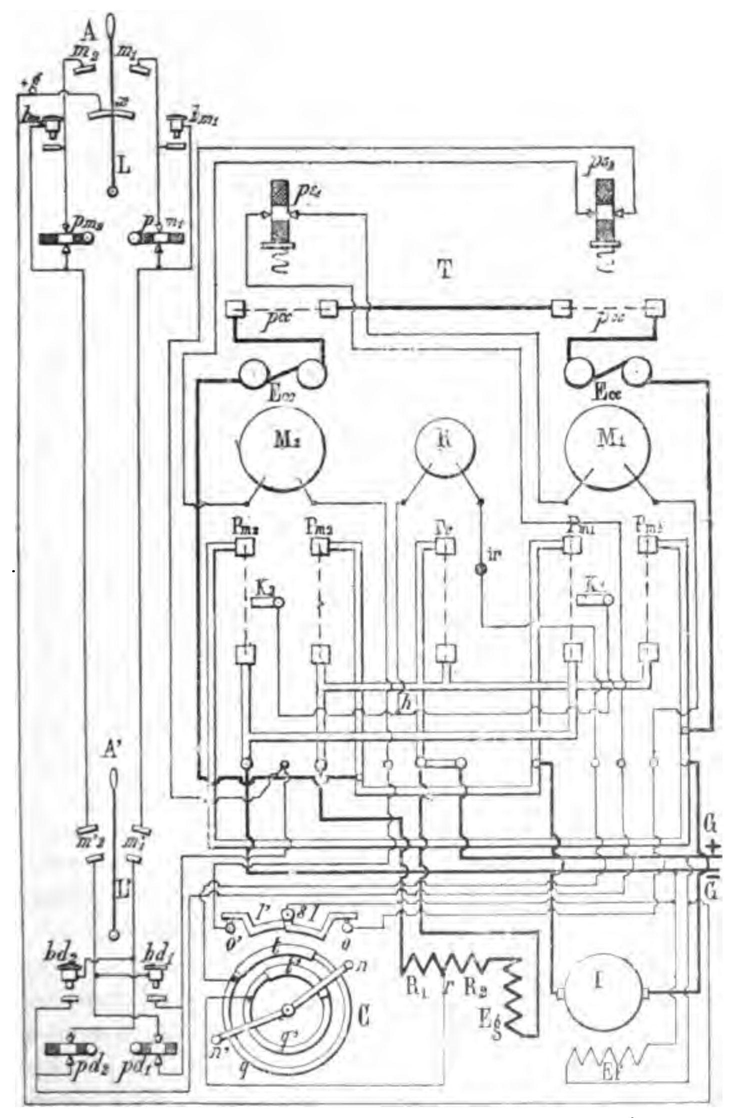


Fig. 59. — Treuil à munitions à double benne; schéma des connexions de la commande par relais.

que les plots Pm_1, Pm_2 et Pr, correspondant aux divers ponts actionnés par les relais, sont ici reliés entre eux par des barres de cuivre; le système de ces liaisons est alors bien visible extérieurement. Les relais doubles sont encore accompagnés d'électro-aimants de court-circuit Ecc et de plots de court-circuit pcc, dont le rôle a été expliqué plus haut (**117**). Mais les leviers des relais doubles agissent ici sur des poussoirs de sécurité ps_1 et ps_2, intercalés sur le circuit de l'électro-aimant du relais conjugué; ces poussoirs constituent des interrupteurs, fermés seulement quand le relais qui les commande est relevé. Ainsi, lorsque le relais M_2 est relevé, les contacts à ressort du poussoir ps_1 portent sur la bague métallique (**107**), comme le montre la figure actuelle, et le circuit du relais M_1 n'est pas interrompu; ce relais pourra donc être actionné. Mais, si le relais M_1 est actionné, son poussoir de sécurité ps_2 se relèvera poussé par son ressort et, les contacts appuyant sur la partie isolante, une interruption sera introduite dans le circuit du relais M_2, lequel ne pourra pas être excité. On ne peut ainsi actionner en même temps électriquement les deux relais M_1 et M_2. Dans la figure 59 et dans toutes les autres analogues, nous avons représenté la partie isolante des poussoirs par des hachures croisées.

132. — Le circuit du relais R porte un interrupteur à bouton *ir* que l'on peut actionner à la main dans certaines circonstances, par exemple lorsque la benne ayant été stoppée, accidentellement ou volontairement, avant l'arrivée à fin de course, on veut remettre en marche. L'ouverture du circuit du relais R par la manœuvre de l'interrupteur à bouton *ir* permet alors de réintroduire momentanément dans le circuit de l'électromoteur la résistance de démarrage qui a été supprimée par le fonctionnement du commutateur automatique de démarrage et qui ne doit normalement être remise en circuit qu'à la fin de la course. L'une des extrémités du fil de l'électro-aimant R n'est pas, comme

dans la disposition précédente, reliée en permanence à la génératrice; mais cette extrémité aboutit en *h* à un conducteur reliant les deux plots auxiliaires K_1 et K_2 des relais doubles M_1 et M_2. Ainsi que nous l'avons dit (**106**), les ponts de ces relais portent un contact élastique qui, lorsque les relais sont abaissés, vient toucher les plots K_1 ou K_2. Lorsqu'on aura actionné l'un des relais M_1 ou M_2, et alors seulement, l'extrémité de l'enroulement de R sera, par *h*, K_1 ou K_2, le pont Pm_1 ou Pm_2, relié au pôle négatif — G de la génératrice.

133. — L'électromoteur est à excitation compound, afin de faciliter le démarrage, dans le cas où la différence de potentiel fournie par la génératrice faiblirait (**I, 268**). L'enroulement de gros fil en série E*g* constitue une portion de la résistance de démarrage supprimée par l'actionnement du relais R; les plots P*r*, réunis par le pont commandé par ce relais, sont en effet en communication avec les extrémités de la résistance totale, enroulement de gros fil compris.

134. — Le commutateur de démarrage et de ralentissement avant la fin de la course C est semblable à celui que nous avons décrit précédemment (**118**); une petite modification a toutefois à été apportée ici. Au lieu d'interrompre les circulaires *q* et *q'* et de remplacer la partie enlevée par des secteurs isolés *t* et *t'* (*fig. 58*), on a ici recouvert ces circulaires de gaines isolantes *t* et *t'* embrassant un secteur d'une certaine amplitude et qui peuvent d'ailleurs glisser sur les circulaires de manière à occuper des positions variables pour le réglage; les contacts portés par les bras *n* et *n'* interrompent le circuit du relais R lorsqu'ils montent sur la gaine isolante. Cette disposition permet, plus aisément que la précédente, de régler le moment où la résistance de démarrage est supprimée du circuit et celui où elle y est remise à nouveau.

135. — Il faut noter encore l'importante modification consistant à relier la circulaire *q'*, non pas, comme précédemment, directement à la génératrice, mais en un point *r* situé entre deux portions R_1 et R_2 de la résistance de démarrage. Il résulte de cette disposition que, si les interruptions K_1 ou K_2, l'interruption *ir* et l'interruption *qq'* sont fermées, le courant passe dans le fil de l'électro-aimant R; mais, si le point *h* communique bien alors directement avec le pôle — G de la génératrice, le point *r*, seconde extrémité de l'enroulement de R, est séparé du pôle positif + G par la résistance R_2 augmentée du gros fil de l'inducteur E*g*. Par conséquent, lorsque, l'un des relais M_1 ou M_2 ayant été abaissé, le courant passe dans l'induit I et dans la résistance R_2 et E*g*, la différence de potentiel aux extrémités du relais R est inférieure à la différence de potentiel fournie par la génératrice de toute la chute de potentiel dans la résistance R_2 + E*g*; cette chute est d'ailleurs d'autant plus grande que le courant passant dans le moteur est lui-même plus grand; elle est donc plus grande avant le démarrage du moteur et lorsque celui-ci commence à se mettre en route que lorsque le démarrage est achevé et que le moteur a pris sa vitesse d'équilibre. Supposons, par exemple, que la différence de potentiel normale fournie par la source soit 80 volts; que, lorsque le circuit de l'électromoteur est fermé, avant que le démarrage ait commencé, la différence de potentiel entre les points *h* et *r*, extrémités de l'enroulement de R, soit 40 volts et que cette même différence de potentiel monte à 60 volts lorsque le démarrage est complètement terminé. Si on règle le ressort antagoniste du relais R de manière que le noyau du relais ne puisse être attiré que pour un courant correspondant à une différence de potentiel de 50 à 55 volts, par exemple, la résistance de démarrage ne pourra être supprimée du circuit que lorsque le moteur se sera effectivement mis en route et sera près d'atteindre sa vitesse d'équilibre; il y a là une sécurité fort importante et fort ingénieusement établie.

136. — Le rôle de l'interruption par les contacts auxiliaires K_1 ou K_2 est de ne permettre la fermeture du circuit de R que lorsqu'un des deux relais M_1 ou M_2 aura été déjà actionné lui-même.

Ainsi, la suppression de la résistance de démarrage ne sera possible que lorsque le mouvement du moteur aura été *préparé* (sécurité K); ensuite, cette résistance ne se supprimera effectivement que lorsque le démarrage sera réalisé (sécurité *r*).

137. — Les commutateurs de mise en marche A et A′, placés en haut et en bas du puits du monte-charge, diffèrent quelque peu de ceux que nous avons décrits précédemment (**120**). Dans le commutateur supérieur, un levier L peut encore occuper deux positions, à droite ou à gauche de la position verticale de repos représentée ici, de façon à mettre en communication le secteur x (pôle + de la génératrice) soit avec le plot m_1, soit avec le plot m_2. Ce levier n'est manœuvrable qu'à la main et les bennes montantes ne provoquent pas l'arrêt en agissant sur un doigt à galet faisant partie du levier, comme dans le système précédent. Mais des poussoirs interrupteurs pm_1 et pm_2, placés en des positions convenables, sont intercalés sur les fils partant des plots m_1 et m_2; à l'état de repos, les contacts à ressort de ces poussoirs appuient sur la bague métallique et le circuit n'est pas interrompu. Lorsque la benne n° 1, par exemple, arrive à bout de course, la came dont elle est munie vient rencontrer la tête à galet du poussoir pm_1, enfonce ce poussoir et provoque une interruption du circuit parce que les contacts de ce poussoir appuient alors sur la partie isolante. Il en est de même lorsque la benne n° 2 monte et vient appuyer sur le poussoir pm_2. Des boutons complémentaires bm_1 et bm_2 permettent de rétablir la communication rompue par les poussoirs actionnés par la came de la benne.

De la même manière, dans le commutateur inférieur A′,

un levier L′ peut occuper deux positions à droite et à gauche de la position verticale de repos et met alors en communication soit les plots m'_1, soit les plots m'_2. Le commutateur comprend encore des boutons complémentaires bd_1 et bd_2; des poussoirs d'arrêt pd_1 et pd_2 sont aussi placés dans des positions convenables pour être manœuvrés par la came des bennes à la descente.

Pour faire monter la benne n° 1, par exemple, il faut mettre les leviers des deux commutateurs dans des positions correspondantes, sur m_1 et m'_1, par exemple.

138. Fonctionnement. — A l'état de repos, la benne n° 1 est en bas, par exemple, et la benne n° 2 est en haut, les leviers L et L′ étant dans la position verticale; le bras n' du commutateur de démarrage est sur la gaine isolante t'; les relais M_1, M_2 et R sont relevés, l'interrupteur *ir* est fermé. Le poussoir bm_2 est actionné par la benne n° 2 qui est en haut, et le poussoir pd_1 par la benne n° 1, qui est en bas.

On place les leviers L et L′ sur les positions correspondantes m_1 et m'_1; le circuit du relais M_1 est fermé par : génératrice + G, secteur x, plot m_1, poussoir pm_1 non actionné par la benne, plots m'_1, poussoir pd_2 non actionné par la benne, poussoir de sécurité au repos ps_1, relais M_1, interrupteur de sécurité *ols*, génératrice — G.

Le relais M_1 étant actionné abaisse ses ponts sur les plots Pm_1 et met ainsi la génératrice en communication avec l'induit I, dans le sens convenable pour la montée de la benne n° 1; toute la résistance de démarrage est dans le circuit et l'excitation de l'électromoteur est compound. Le démarrage effectué, le bras n' du commutateur de démarrage quitte la gaine isolante t' et, si le courant n'est pas exceptionnellement trop grand, si le ressort du relais R est bien réglé, ce relais excité s'abaisse et met hors circuit la résistance totale $R_1 + R_2 + Eg$; le moteur prend alors sa grande vitesse, la benne n° 1 montant, tandis que la benne n° 2 descend.

Un peu avant l'arrivée de la benne n° 1 au bout de sa course, le bras *n* du commutateur de démarrage vient sur la gaine isolante *t*; le circuit du relais R étant interrompu, ce relais se relève et la résistance de démarrage est de nouveau dans le circuit de l'induit, en même temps que l'excitation redevient compound ; la vitesse diminue et lorsque la came de la benne n° 1 rencontre le poussoir pm_1 l'arrêt automatique se produit, avec mise en court-circuit de l'induit par les plots *pcc*. Comme toujours, le bouton complémentaire bm_1 permet de rectifier la position de la benne, si elle est restée en dessous de sa position normale, à la condition toutefois que les leviers L et L′ n'aient pas encore quitté la position qu'on leur avait donnée.

139. — Pour faire monter la benne n° 2 et descendre par conséquent la benne n° 1, on porte les leviers L et L′ sur m_2 et m'_2 et tout se passe d'une manière analogue, l'arrêt automatique se produisant maintenant grâce au poussoir pm_2 et le réglage de la position supérieure de la benne s'effectuant par le bouton bm_2.

140. Remarque. — Dans ce qui précède, il n'est pas question des poussoirs ni des boutons complémentaires du poste inférieur. Ils sont inutiles, en effet, lorsqu'on manœuvre avec deux bennes et il faut, même dans ce cas, enlever les poussoirs pd_1 et pd_2, lesquels font double emploi avec les poussoirs supérieurs. Dans l'exemple précédent, en effet, pendant que la benne n° 1 en montant vient actionner le poussoir supérieur pm_1, la benne n° 2 en descendant vient agir sur le poussoir inférieur pd_2 et ces deux actions tendent toutes deux à interrompre le même circuit, ce qui ne peut que compliquer le réglage de l'arrêt. Il est donc préférable de supprimer l'action des poussoirs inférieurs. S'ils ont été prévus dans beaucoup d'installations, c'est qu'on a voulu pouvoir, à l'occasion, faire fonctionner le monte-charge avec une seule benne. Dans le cas où l'on utiliserait seulement

la benne n° 1, par exemple, le poussoir supérieur pm_1 provoquerait l'arrêt en haut et le poussoir inférieur pd_1 arrêterait la même benne à la descente.

141. Commande électrique par relais des monte-charges, avec arrêt intermédiaire. — Une disposition spéciale doit être prévue pour le cas où un monte-charge doit desservir à volonté soit un poste supérieur, soit un poste intermédiaire entre le poste supérieur et le poste inférieur de chargement. Nous l'avons représentée dans la figure 60; cette disposition est d'ailleurs établie pour deux bennes, comme la précédente, une benne montant pendant que l'autre descend. La différence tenant uniquement dans les postes de commande, nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit précédemment des divers autres organes et sécurités, qui sont ici absolument identiques à ceux de la disposition précédente.

Les commutateurs de mise en marche sont au nombre de trois, le commutateur du poste inférieur A′, le commutateur du poste supérieur A et le commutateur de poste intermédiaire A*i*.

Le commutateur A′ du poste inférieur n'offre aucune particularité; c'est un commutateur à deux directions dont le levier L′ est placé à droite, sur les plots m'_1, pour la montée de la benne n° 1, et à gauche, sur les plots m'_2, pour la montée de la benne n° 2. Il ne possède pas de boutons complémentaires et il n'y a pas davantage de poussoirs interrupteurs de fin de course au poste inférieur, parce que ce monte-charge est supposé toujours fonctionner avec deux bennes (**140**).

Les deux commutateurs supérieur et intermédiaire sont identiques. Le levier L du commutateur supérieur A peut occuper trois positions utiles: à droite de la position verticale de repos, sur les plots m_1 pour la montée de la benne n° 1 au poste supérieur; à gauche, sur les plots m_2 pour la montée de la benne n° 2 au poste supérieur; en bas, sur les

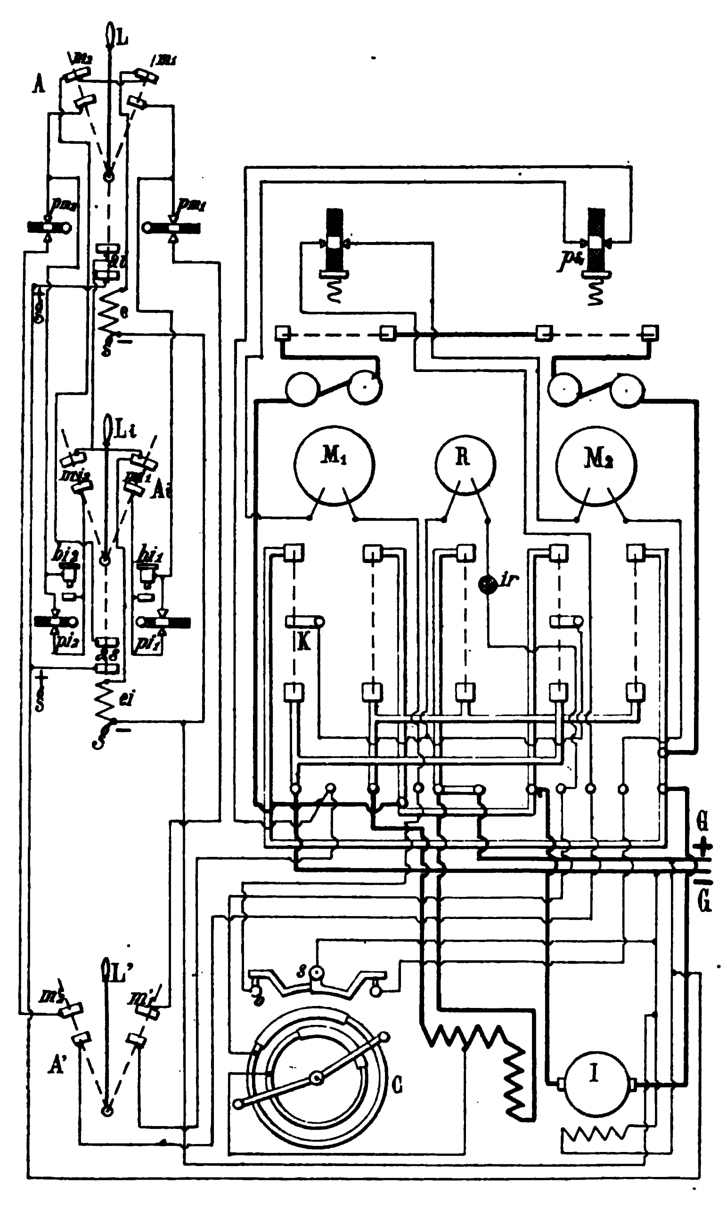


Fig. 60. — Treuil à munitions avec arrêt intermédiaire ; schéma des connexions de la commande par relais.

plots *ai* pour l'arrêt des bennes au poste intermédiaire ; la position verticale en haut est une position de repos où aucun contact n'est établi.

Deux poussoirs interrupteurs pm_1 et pm_2, actionnés par les bennes arrivées à bout de course, provoquent l'arrêt automatique au poste supérieur.

Dans le commutateur intermédiaire A*i* le levier L*i* peut également, en outre de la position de repos représentée sur la figure, occuper trois positions utiles : en haut à droite, sur les plots mi_1 pour la montée de la benne n° 1 au poste intermédiaire ; en haut à gauche, sur les plots mi_2 pour la montée de la benne n° 2 au poste intermédiaire ; en bas verticalement, sur les plots *as* pour l'arrêt des bennes au poste supérieur.

Le commutateur du poste intermédiaire est muni de deux boutons complémentaires bi_1 et bi_2. L'arrêt des bennes à ce poste se produit automatiquement par l'actionnement des poussoirs pi_1 et pi_2. On a voulu établir une sécurité empêchant les deux postes supérieur et intermédiaire de commander deux manœuvres contraires, comme par exemple la montée d'une benne au poste supérieur et l'arrêt de la même benne au poste intermédiaire. A cet effet, lorsque les leviers L et L*i* des deux postes sont dans la position verticale en bas, sur les plots *ai* ou *as*, ils y sont immobilisés par un doigt d'arrêt porté par le noyau d'un électro-aimant *e* ou *ei*; pour dégager le levier L de cette position en bas, il faut que l'électro-aimant *e* étant excité attire son noyau ; on peut alors manœuvrer le levier L et le porter sur les plots m_1 ou m_2, pour commander la montée de la benne n° 1 ou de la benne n° 2 au poste supérieur. Or, l'enroulement de l'électro-aimant *e* communique par une extrémité avec le pôle négatif de la génératrice (— *g*, — G) ; par l'autre extrémité, il est relié aux plots m_1 et m_2 (poste supérieur) et à l'un des plots *as* (poste intermédiaire) ; comme le second des plots *as* est relié au pôle positif de la génératrice (+ *g*, + G), le circuit de l'électro-aimant *e* sera complet et cet électro-aimant sera excité, quand les deux plots *as* communique-

ront entre eux, c'est-à-dire quand le levier L*i* sera placé verticalement vers le bas.

De la même manière, le levier L*i* ne sera libéré par l'électro-aimant *ei* que si le levier L du poste supérieur est placé sur les plots *ai*, et par ce système, on ne peut manœuvrer des deux postes à la fois.

142. Fonctionnement. — Il faut distinguer deux cas, suivant qu'on veut approvisionner le poste supérieur ou le poste intermédiaire.

143. *1er cas. Approvisionnement du poste supérieur.* — On met le manipulateur du poste intermédiaire dans la position verticale bas, ce qui libère le levier L du manipulateur supérieur; on amène ce levier L dans la position verticale haut (position de repos), ce qui immobilise le levier du poste intermédiaire.

Les manipulateurs A et A' des postes supérieur et intermédiaire sont mis sur les positions m_1 et m'_1 correspondant à la montée de la benne n° 1, qui est supposée dans la soute et chargée. Le circuit du relais M_1 est fermé par : génératrice + G, plots *as* réunis par le levier L*i*, plots m_1 réunis par le levier L, poussoir pm_1, plots m'_1 réunis par le levier L', poussoir de sécurité ps_1, relais M_1, interrupteur de sécurité *os*, génératrice — G.

Le moteur démarre à petite vitesse; bientôt, le commutateur C de démarrage actionne le relais R, comme dans les treuils déjà étudiés, et la benne n° 1 monte à grande vitesse, tandis que la benne n° 2 descend. Les cames des bennes passent sur les poussoirs du poste intermédiaire et les actionne, mais sans aucun effet sur la marche du moteur électrique; car ces poussoirs ne sont pas intercalés dans le circuit du relais M_1.

Un peu avant la fin de la course, le commutateur C remet en circuit la résistance de démarrage, et le gros fil des inducteurs et la benne n° 1, agissant sur le poussoir de fin de

course pm_1 coupe le circuit du relais M_1 qui se relève, provoquant l'arrêt du moteur.

La benne n° 1 étant en haut et la benne n° 2 en bas, on fait monter celle-ci à son tour en mettant les leviers L et L' sur m_2 et m'_2, le levier du commutateur intermédiaire restant dans la position verticale en bas, et les choses se passent comme pour la montée de la benne n° 1.

144. *2e cas. Approvisionnement du poste intermédiaire.* — Le manipulateur du poste supérieur est mis dans la position verticale bas, sur les plots *ai ;* le circuit de l'électro-aimant *ei* est fermé par : — *g*, mi_1, mi_2, *ai*, + *g*. Le levier L*i* est alors libéré et il peut être mis sur les plots mi_1, en même temps que le levier L' du manipulateur inférieur est mis sur les plots m'_1, la benne n° 1 étant supposée en bas et la benne n° 2 en haut.

Le relais M_1 a son circuit fermé par : génératrice + G, plots *ai* réunis par le levier L, plots mi_1 réunis par le levier L*i*, poussoir pi_1, poussoir pm_1, plots m'_1 réunis par le levier L', poussoir de sécurité ps_1, relais M_1, interrupteur de sécurité *os*, génératrice — G.

L'électromoteur se met en marche à petite vitesse, puis la vitesse s'accélère par suite de la suppression de la résistance de démarrage et de compoundage des inducteurs. Arrivée au poste intermédiaire, la benne n° 1 agit sur le poussoir de fin de course pi_1 et coupe le circuit du relais M_1, qui se relève, coupant alors aussi le circuit du relais R, par le contact K; le moteur stoppe. Il faut remarquer que le stoppage a lieu en pleine vitesse, puisque le commutateur de démarrage et de ralentissement est réglé pour le poste supérieur seulement. Mais, le stoppage effectué, la résistance de démarrage et le gros fil des inducteurs sont de nouveau en circuit pour le démarrage subséquent, grâce à la dépendance du circuit du relais R due au contact K.

145. — La benne n° 1 étant déchargée au poste inter-

médiaire, on peut, ou bien faire descendre la benne n° 2, en même temps que la benne n° 1 continue à monter, ou bien renvoyer en bas la benne n° 1 déchargée; autrement dit, on peut manœuvrer avec deux bennes ou avec une seule. Dans le premier cas, laissant les manipulateurs des postes A′ et Ai sur les positions m'_1 et mi_1 correspondant à la montée de la benne n° 1, on appuie sur le bouton complémentaire bi_1, ce qui complète le circuit du relais M_1, lequel a été coupé par le poussoir pi_1, comme nous l'avons dit plus haut.

La benne n° 1 reprend son mouvement de montée, à petite vitesse ; il est vrai que le circuit du relais R est complet, puisque l'interruption K commandée par le relais M_1 est fermée et que le commutateur de démarrage C ne produit d'interruption qu'à bout de course ; mais, ainsi que nous l'avons expliqué (**135**), le circuit du relais R n'est pas dérivé aux bornes de la source et une de ses extrémités est séparée de la borne positive par une partie de la résistance de démarrage ; il en résulte que ce relais, bien qu'excité, n'attirera son noyau que lorsque le démarrage sera effectué et que l'intensité du courant sera redevenue normale. On a évité ainsi, en même temps que les avaries, la complication qu'il eût été nécessaire d'introduire dans le commutateur de démarrage pour lui permettre d'agir au poste intermédiaire. La benne n° 1 s'arrête d'ailleurs automatiquement au poste supérieur, comme lorsqu'on veut alimenter ce poste, grâce au poussoir de fin de course pm_1 ; en même temps, la benne n° 2 arrive en bas. Bien entendu, on peut cesser d'appuyer sur le bouton bi_1, lorsque la benne n° 1 a dépassé le poste intermédiaire.

C'est cette manœuvre qu'il faut effectuer, évidemment, dans le cas où le poste intermédiaire est à une hauteur plus grande que le milieu entre les postes supérieur et inférieur, et on opère encore ainsi lorsque le poste intermédiaire est juste au milieu ; la rapidité de la manœuvre est alors la plus grande possible.

146. — Mais, si le poste intermédiaire est plus bas que

le milieu entre les postes supérieur et inférieur, il est préférable, au point de vue de la rapidité d'approvisionnement, de fonctionner avec une benne seulement et de renvoyer en bas la benne n° 1 déchargée. Pour cela, on met les leviers L*i* du poste intermédiaire et L', du poste inférieur sur les positions mi_2 et m'_2. Cette fois, le circuit du relais M_2 est fermé par un trajet analogue à celui suivi pour le relais M_1 ; l'électromoteur tourne de façon à faire descendre la benne n° 1 et à faire monter la benne n° 2. Comme cette dernière, en vertu de la position supposée pour le poste intermédiaire, avait été arrêtée *au-dessus* de ce poste et du poussoir de fin de course pi_2, cette benne n° 2 continuera son mouvement jusqu'au poste supérieur, où elle est arrêtée par le fonctionnement du poussoir pm_2, en même temps que la benne n° 1 arrive en bas pour être chargée de nouveau.

147. — Supposons que l'on veuille faire la manœuvre précédente, dans le cas où le poste intermédiaire est plus haut que la mi-distance entre les postes extrêmes ; la benne n° 2, lors de l'arrêt de la benne n° 1 au poste intermédiaire, a été elle-même arrêtée plus bas que ce poste; en mettant les leviers L*i* et L' sur mi_2 et m'_2 on fera bien monter la benne n° 2, mais celle-ci, rencontrant le poussoir pi_2, provoquera l'arrêt au poste intermédiaire, à moins que l'on n'appuie sur le bouton bi_2, pendant le passage à ce poste. Il faudrait donc manipuler les leviers L*i* et L' et appuyer sur le bouton bi_2, tandis qu'avec la manœuvre recommandée dans ce cas particulier (benne n° 1 continuant son chemin vers le poste supérieur), la seule manipulation nécessaire est d'appuyer sur le bouton pi_1 pendant un instant.

148. Données de construction et de fonctionnement pour quelques treuils électriques à munitions du modèle blindé à vis globique. — Nous donnons ci-après quelques données de construction pour

certains des treuils blindés à vis globique employés actuellement pour la petite et la moyenne artillerie.

PUISSANCE utile en kilogrammètres par seconde.	INDUIT		INDUCTEURS				
			gros fil.		fil fin.		
	Section du fil en mm².	Résistance à 15° en ohms.	Section du fil en mm².	Résistance à 15° en ohms.	Section du fil en mm².	Résistance à 15° C. en ohms.	Intensité d'excitation en ampères.
246	11,4	0,03	33,16	0,017	1,131	50	1,6
280	16,1	0,025	23,76	0,045	1,131	35	2,3
344	16,1	0,023	33,16	0,017	1,540	38,5	2,5
450	21	0,013	Co	0,010	0,950	63	1,3

149. — D'autre part, nous donnons quelques caractéristiques de fonctionnement pour d'autres treuils du même type.

PUISSANCE UTILE du treuil en kilogrammètres par seconde.	CHARGE à soulever en kilogrammes.	VITESSE au garant en mètres par seconde.	INTENSITÉ prise par l'induit en ampères.	PUISSANCE électrique absorbée en watts.
200	570	0,35	56	4 6co
200	400	0,50	50	4 200
160	400	0,40	42	3 400

Nous rappelons que la différence de potentiel sous laquelle ces treuils ont fonctionné est voisine de 80 volts.

Le poids des treuils blindés à vis globique est à peu près de 500 kg, pour les treuils d'une puissance de 50 à 100 kgm/s; de 600 kg, pour les treuils de 100 à 200 kgm/s; de 700 kg, pour les treuils de 200 à 300 kgm/s.

Afin que la comparaison puisse être faite, nous reproduisons ci-après les tableaux concernant les anciens treuils à engrenages ou à friction, que nous avions insérés dans les premières éditions de cet ouvrage.

150. Treuils électriques anciens modèles pour monte-charges alternatifs construits par MM. Sautter, Harlé et Cie.

DÉSIGNATION du treuil.	MODE DE TRANSMISSION du mouvement de l'induit au tambour d'enroulement ; système de frein.	VITESSE de l'induit, en tours par minute.	VITESSE de la charge, en mètres par seconde.	POIDS SOULEVÉ en kilogrammes.	PUISSANCE ABSORBÉE par l'électromoteur, en watts.	POIDS DU TREUIL et des appareils de manœuvre en kilogrammes.
Treuil de 180 kgm pour canons de 14 et 16 cm.	Double train d'engrenages; frein automatique Mégy	1 000	0,450	400	4 200	800
Treuil de 200 kgm pour canons de 16 cm.	Entraînement par friction et un train d'engrenages; frein automatique Mégy	1 000	0,500	380	4 700	800
Treuil de 140 kgm pour canons de 10, 14 et 16 cm.	Entraînement par friction et un train d'engrenages; frein automatique Mégy	1 000	0,350	380	3 200	600
Treuil de 60 kgm pour canons de 47 mm.	Vis tangente non réversible.	»	0,400	150	2 300	450
Treuil de 140 kgm à bennes équilibrées.	Entraînement par friction et un train d'engrenages; double frein automatique Mégy.	1 000	0,450	300	3 500	650

151. Treuils électriques anciens modèles pour monte-charges alternatifs de la maison Bréguet.

DÉSIGNATION du treuil.	MODE DE TRANSMISSION du mouvement de l'induit au tambour d'enroulement ; système de frein.	VITESSE DE LA CHARGE en mètres par seconde.	POIDS SOULEVÉ en kilogrammes.	PUISSANCE ÉLECTRIQUE absorbée par l'électro-moteur, en watts.	POIDS DU TREUIL en kilogrammes.
Treuil de 75 kgm	Vis tangente et un train d'engrenages ; frein à main ; encliquetage . .	0,3	260	2 250	500
Treuil de 75 kgm	Triple train d'engrenages ; frein à main ; encliquetage	0,3	260	1 650	500
Treuil de 110 kgm	Vis tangente et un train d'engrenages ; frein à main ; encliquetage . .	0,133	800	2 775	580
Treuil de 110 kgm à 180 kgm	Double train d'engrenages ; frein à main et encliquetage	0,5	200	1 800	650
	Id.	0,35	400	2 625	Id.
	Id.	0,6	300	3 075	Id.
Treuil de 180 kgm à 200 kgm	Triple train d'engrenages ; frein à main et encliquetage	0,2	1 000	3 000	750
	Id.	0,3	800	3 375	Id.
	Id.	0,45	450	3 000	Id.
Treuil de 200 kgm à 300 kgm	Double train d'engrenages ; frein à main et encliquetage	0,45	500	4 000	840
	Id.	1,10	250	4 400	Id.
Treuil de 310 kgm	Double train d'engrenages ; frein à main et encliquetage	1	310	4 500	960
Treuil de 450 kgm	Double train d'engrenages ; frein à main et encliquetage	0,9	500	7 200	1 150

152. Dispositions particulières des monte-charges pour la grosse artillerie. — Les monte-charges alimentant les canons de gros calibre placés en tourelles fermées sont, comme ceux de la petite et moyenne artillerie, presque toujours mus par des treuils électriques commandés par le système des relais. Cependant, ils présentent parfois des particularités intéressantes. Nous allons examiner quelques-unes d'entre elles.

153. Monte-charges des tourelles de 240 du « d'Entrecasteaux ». — Le monte-charge d'une tourelle de 240 du *D'Entrecasteaux* est commandé par relais suivant le système décrit précédemment. Le treuil est du modèle blindé à vis globique. Ce treuil est fixe et ne tourne pas avec la tourelle. Sur le tambour d'enroulement s'enroule une chaîne à l'extrémité de laquelle est suspendue la benne qui monte ou descend dans le tube-pivot. Celle-ci contient trois compartiments dont les deux inférieurs pour les demi-gargousses et le supérieur pour le projectile. On peut à volonté monter, soit les gargousses seules, soit la charge complète, gargousses et projectile.

Comme le plus souvent un approvisionnement de projectiles est constitué à l'avance dans la tourelle, on n'aura presque jamais à monter une charge complète. On a donc prévu le treuil électrique pour la puissance correspondant à la montée des gargousses seules avec une certaine vitesse. Lorsqu'on veut en plus monter les projectiles, on diminue la vitesse du treuil en laissant en permanence une résistance dans le circuit de l'électromoteur; cette résistance est en partie constituée par le gros fil inducteur compoundant l'excitation (**I, 309**).

La benne n'arrive pas derrière la culasse, mais sur le côté droit de la pièce. On la décharge à bras et le chargement de la pièce se fait également à bras.

L'ascension de la benne chargée des demi-gargousses seules se fait électriquement en dix-huit secondes et à bras

en une minute. Avec la charge complète, la montée se fait électriquement en vingt-cinq secondes et à bras en deux minutes. Nous avons dans le premier volume (**I, 309**) donné des indications numériques sur les courants absorbés.

154. *Relais.* — La manœuvre de ce monte-charge se fait à l'aide d'un tableau de relais comprenant deux relais doubles M et D (*Montée* et *Descente*), constituant un commutateur inverseur du courant, et deux relais simples II et III, permettant de supprimer l'un une portion R_1 de la résistance d'un rhéostat intercalé dans le circuit, l'autre le reste R_2 du rhéostat et le gros fil inducteur E*g* compoundant l'excitation de l'électromoteur, l'excitation principale E*f* étant faite en dérivation (*fig. 61*).

155. *Commutateur de mise en marche.* — Dans la tourelle, un commutateur de mise en marche A permet de mettre à volonté le relais M ou le relais D en relation avec le pôle positif de la source, ces relais étant d'autre part en relation constante avec le pôle négatif, ainsi d'ailleurs que nous l'avons vu d'une manière générale pour les monte-charges à relais.

156. *Poussoirs de descente et de sécurité de la grille.* — En bas du tube-pivot, sont deux poussoirs-interrupteurs remplaçant le second commutateur de mise en marche du système général de la commande à relais; l'un de ces poussoirs *pm* est intercalé sur le fil venant du relais M et allant au commutateur de la tourelle; l'autre *pd* est intercalé sur le fil allant du relais D au commutateur de la tourelle. Lorsque la benne est à son poste en bas, le second poussoir, appelé *poussoir de fin de course,* coupe le circuit du relais D; le premier poussoir, dit *poussoir de montée* ou *de sécurité de la grille,* coupe aussi le circuit du relais M, tant qu'on n'a pas *fermé* une *grille* masquant les compartiments de la benne. Comme dans toutes les figures analogues, on

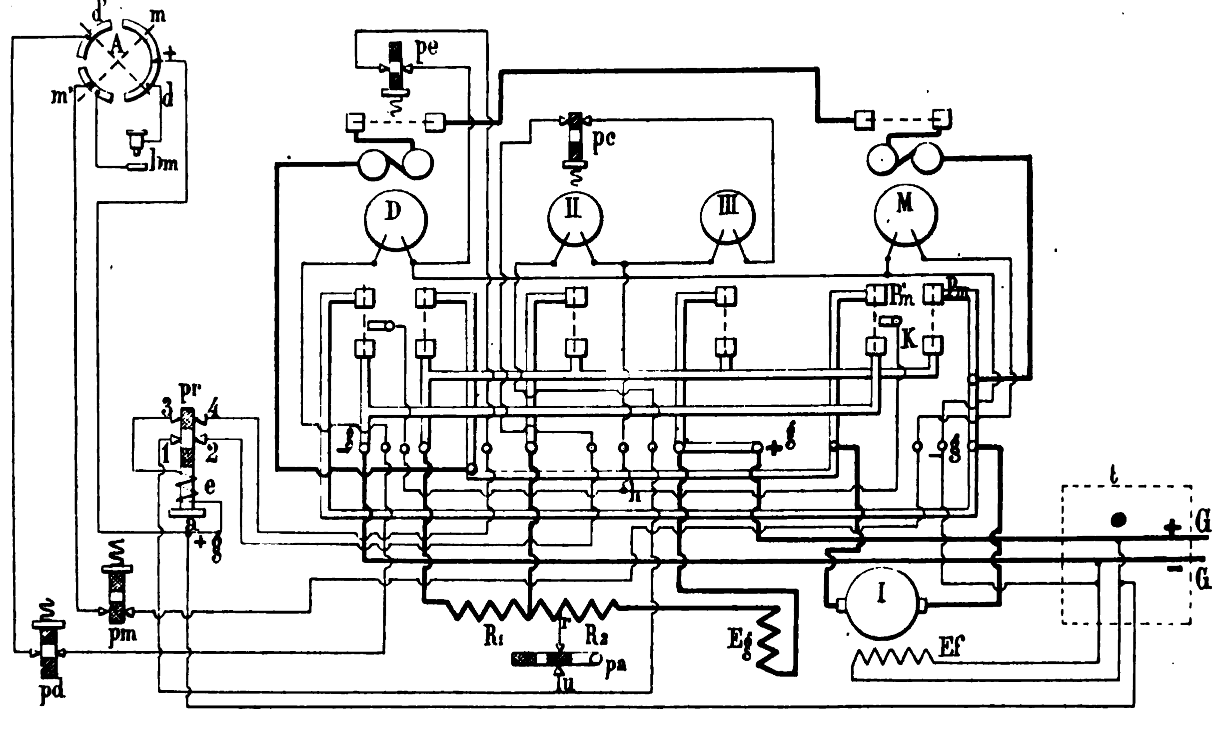


Fig. 61. — Treuil à munitions des tourelles de 240 du *D'Entrecasteaux*; schéma des connexions de la commande par relais.

a représenté la partie isolante des cylindres-poussoirs par des hachures croisées, la bague métallique assurant la communication des contacts à piston étant sans hachures. Dans la figure 61, le poussoir de descente *pd* est représenté *au repos,* le contact établi par la bague métallique; au contraire, le poussoir de sécurité *pm* (montée) est comprimé par un levier, quand la grille n'est pas fermée, les contacts portent sur l'isolant et l'interruption existe. On est ainsi assuré qu'on ne mettra pas en marche le monte-charge pendant le chargement de la benne. Le chargement effectué, on tire sur une poignée *ad hoc,* la grille bascule et vient se présenter devant les orifices des compartiments de la benne; en même temps, le levier qui comprimait le poussoir *pm* cesse d'appuyer sur lui et, sous l'influence du ressort, les contacts portent alors sur la bague métallique et sont en communication; le monte-charge est paré pour la mise en marche à la montée.

157. *Poussoir de ralentissement.* — Le commutateur de démarrage et de ralentissement à bout de course, que nous avons étudié dans les treuils précédents, est ici remplacé par un poussoir *pa,* dit *d'accélération* ou de *ralentissement.* Dans la position de repos, ce poussoir constitue une interruption intercalée sur le fil reliant l'extrémité *u* des enroulements des relais II et III au pôle positif de la génératrice. A cet effet, un plateau entraîné par le mouvement du treuil porte deux cames excentrées pouvant venir appuyer sur un galet dont est munie l'extrémité du poussoir. Lorsque l'une des cames appuie sur le poussoir, les contacts de ce dernier appuient sur la partie isolante (partie hachurée); les contacts appuient sur la bague métallique lorsque les cames excentrées ayant échappé du galet, le ressort antagoniste du poussoir réagit et le repousse vers la droite. Les cames sont disposées sur leur plateau de manière que l'une appuie sur le poussoir lorsque la benne est en bas et continue d'appuyer jusqu'à ce que la benne

ait parcouru en montant une certaine distance, 1 mètre par exemple; à partir de ce moment, l'interruption du poussoir est supprimée et les relais II et III *peuvent* être actionnés, supprimant la résistance de démarrage et le compoundage s'il y a lieu. Un peu avant l'arrivée à bout de course en haut, la seconde came vient de nouveau actionner le poussoir et couper le circuit des relais II et III, remettant en jeu les résistances supprimées.

153. *Poussoir réducteur.* — L'organe spécial permettant une réduction automatique de la vitesse lorsque l'on monte une charge complète, projectile et gargousses, est constitué par un poussoir *pr*, dit *poussoir réducteur*. Au lieu de deux contacts seulement pouvant être mis en communication l'un avec l'autre par une bague métallique, ce poussoir porte deux paires de contacts 1 et 2, 3 et 4; deux des contacts sont toujours en communication, tantôt 1 et 2, tantôt 3 et 4, jamais les deux paires à la fois. Dans la figure, les contacts 1 et 2 sont en communication et les contacts 3 et 4 sont isolés; c'est la position ordinaire de repos. Le cylindre constituant essentiellement le poussoir est porté par le noyau d'un électro-aimant *e* (*fig. 61*); lorsque l'électro-aimant est excité, il attire l'armature *a* et maintient le noyau relevé; les contacts 3 et 4 portent alors sur la bague métallique, tandis que les contacts 1 et 2 sont isolés; lorsque l'électro-aimant cesse d'être excité, un ressort antagoniste ramène le noyau vers le bas, isolant les contacts 3 et 4 et faisant communiquer 1 et 2, comme sur la figure. Or les extrémités de l'enroulement de l'électro-aimant *e* sont reliées, l'une directement avec le pôle positif de la génératrice par le point + *g* et le tableau de distribution *t*, l'autre extrémité avec le contact 3, qui communique avec 4 lorsque le poussoir *pr* est relevé à la main; si, comme cela est représenté sur la figure 61, le poussoir *pe*, commandé par le relais de descente D, a sa bague métallique sur les contacts, on rejoint alors le pôle négatif — G

de la génératrice et le circuit de l'électro-aimant *e* est complet. L'excitation de *e* étant assurée, le noyau reste par cela même attiré et la communication 3-4 est maintenue tandis que la communication 1-2 reste rompue, même si on abandonne le noyau de l'électro-aimant *e*. Or les contacts 1-2 sont intercalés sur le circuit du relais III. Lorsqu'on aura ainsi relevé le poussoir *pr*, ce relais ne pourra être excité et la résistance R_2 ainsi que le gros fil inducteur E*g* ne pourront être retirés du circuit de l'induit.

Le poussoir *pe* intercalé sur le circuit de l'électro-aimant *e* du poussoir réducteur *pr* est commandé par le relais D; lorsque ce dernier est relevé au repos, le poussoir *pe* a sa bague métallique sur ses contacts et l'électro-aimant *e* peut être actionné; si le relais D est actionné, le poussoir *pe* se relève sous l'influence de son ressort et une interruption se crée sur le circuit de l'électro-aimant *e;* par suite, d'abord, on ne pourra faire tenir en place le poussoir *pr* relevé et par conséquent on ne pourra pendant la descente supprimer l'action du relais III; puis, si l'électro-aimant *e* a été actionné pour la montée, lorsque la benne est déchargée et qu'on actionne le relais D pour la descente, la communication 1-2 se rétablit automatiquement.

159. *Mise en cascade des relais de résistance.* — Il faut remarquer que le circuit du relais III passe par un poussoir de *mise en cascade* commandé par le levier du relais II. Dans la position de repos, ce poussoir crée une interruption; pour qu'il puisse remonter et sa bague établir le contact, il faut que le levier de II cesse d'appuyer sur lui et par conséquent que ce relais II ait été lui-même actionné. Ainsi le relais III qui supprime la résistance R_2 et le compoundage E*g* ne pourra être actionné qu'après que le relais II, qui supprime la première fraction R_1 de la résistance, aura été lui-même tout d'abord actionné. Il y a là non seulement un ordre logique établi dans la suppression des diverses parties du rhéostat, mais une succession

d'actions demandant un certain temps et empêchant *automatiquement* une manœuvre trop rapide du rhéostat (**I, 266**).

Enfin, nous voyons sur la figure 61, comme dans les figures précédentes, que les relais II et III sont reliés par une extrémité non pas au pôle positif même de la génératrice, mais au point *r*, séparé de la génératrice par la résistance $R_2 + Eg$; ce qui empêche la suppression de toute résistance lorsque le courant dans l'induit est trop considérable (**135**). Comme sécurité du même ordre, l'autre extrémité du fil des relais II et III ne communique avec le pôle négatif de la génératrice que par le contact supplémentaire K, établi seulement lorsqu'un des relais M ou D a été actionné.

160. *Grille*. — La grille se compose essentiellement de trois traverses G_1, G_2, G_3 (*fig*. 62) tournant autour d'axes a_1, a_2, a_3 et reliées à une même tige verticale A permettant de les manœuvrer simultanément. Lorsque la tige A est tirée vers le bas, les traverses se relèvent et dégagent les orifices de la benne; lorsque la tige A est rappelée vers le haut par un ressort R, les traverses s'abaissent et masquent les compartiments de la benne. Mais si les traverses G_1 et G_2 correspondant aux gargousses sont reliées d'une manière permanente à la tige A, il n'en est pas de même de la traverse G_3 correspondant au compartiment du projectile; la tige A est fixée à un secteur tournant autour de l'axe a_3 de la traverse G_3 et, au moyen d'un mécanisme simple, on peut à volonté rendre ou non solidaires ce secteur et la traverse G_3. Dans le premier cas, la manœuvre de la tige A vers le bas fait relever la traverse G_3 comme les deux autres et permet l'introduction du projectile dans son compartiment, mais un levier monté sur l'axe a_3 participe alors aussi au mouvement de la tige A et vient appuyer sur le poussoir réducteur *pr* pour le relever (*fig*. 61); cette opération, comme nous l'avons expliqué plus haut, rend impossible la suppression de la dernière portion de la résistance de

démarrage et du compoundage des inducteurs, et oblige, par suite, à marcher à vitesse réduite (**158**); dans le cas où on n'a pas rendu la traverse G_3 solidaire des autres, elle

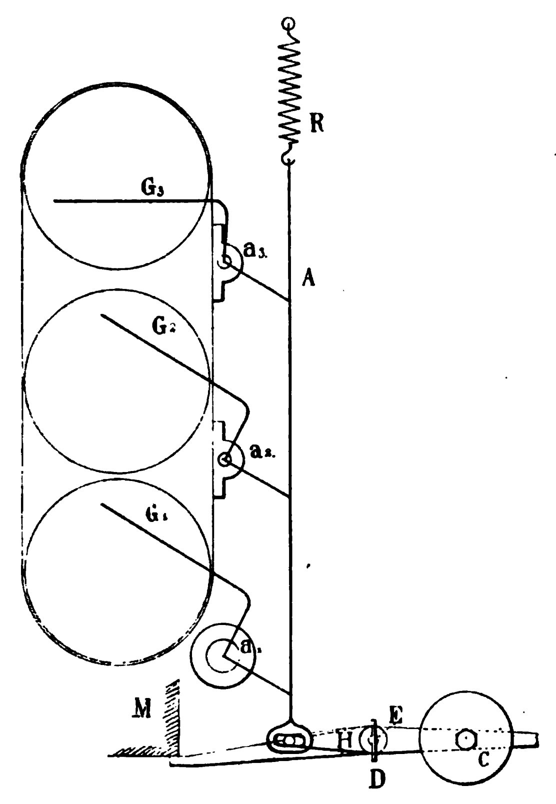


Fig. 62. — Grille de chargement des monte-charges de 240 du *D'Entrecasteaux*.

reste en permanence en travers de l'ouverture du compartiment du projectile.

La position de repos des traverses est l'obturation des ouvertures des compartiments, grâce au ressort R. La benne M, en descendant, un peu avant d'arriver à bout de course, vient appuyer sur le levier B pivotant autour de l'axe E et portant à son extrémité un contrepoids C; une

clavette D permet de rendre solidaires le levier B et l'axe E; cet axe E entraîne alors une manivelle H reliée par une coulisse à l'extrémité inférieure de la tige A; ce mouvement relève donc les grilles. Alors un levier monté sur l'axe a_1, entraîné en même temps que la grille G_1, vient appuyer sur le poussoir de sécurité de la grille *pm* et empêcher par suite toute montée intempestive (*fig. 61*). Lorsque la benne est chargée, on tire sur une poignée, ce qui a pour effet de dégager la clavette D rendant solidaires le levier B et l'axe E; le ressort de rappel R entraîne alors la tige A vers le haut et abaisse les grilles devant les compartiments de la benne; la grille inférieure en s'abaissant dégage le poussoir de sécurité et le relais de montée peut alors être actionné. Lorsque la benne aura commencé à monter, le levier B se relève sous l'influence du contrepoids C, la clavette D se retrouve en face de son logement et rend de nouveau B et E solidaires.

161. *Fonctionnement.* — 1° Pour monter les demi-gargousses seulement, on rend libre la grille du projectile, le poussoir réducteur *pr* (*fig. 61*) est abaissé, établissant le contact 1-2; on tire sur la poignée de manœuvre de la grille, qui se ferme; en même temps, le poussoir de montée *pm* est dégagé et s'abaisse. Si on place alors le manipulateur A supérieur dans la position *m* (montée), le circuit du relais de montée M est fermé (+ G, + *g*, secteurs *mm'*, poussoir *pm*, relais M, — *g*, — G); le relais M s'abaisse et les communications sont établies dans l'induit pour la mise en marche dans le sens de la montée; le moteur démarre *à petite vitesse*, parce que les circuits des relais II et III sont interrompus par le poussoir *pa*; quand la benne a parcouru 1 mètre environ, le poussoir *pa* dégagé rétablit la communication et, si le démarrage est bien accompli, si l'intensité du courant n'est pas anormale, si enfin le réglage des ressorts antagonistes des relais II et III est bien fait, le relais II s'abaisse, mettant en court-circuit la résistance R_1,

puis le relais III s'abaisse à son tour, quand l'accélération première a diminué l'intensité du courant; le résistance R_2 et l'enroulement de gros fil étant ainsi shuntés, la benne monte alors successivement à *moyenne* puis à *grande vitesse.*

Un peu avant d'arriver à bout de course, le poussoir *pa* est de nouveau enfoncé par la seconde came et la résistance $R_1 + R_2$, ainsi que l'enroulement de gros fil, sont remis en circuit; la vitesse diminue et l'arrêt se produit par l'action de la benne sur le levier du commutateur A, ce qui rompt le circuit du relais M, comme dans le premier treuil que nous avons étudié (**122**).

Si la benne n'est pas arrêtée assez haut, le bouton complémentaire *bm* permet de rectifier la position.

162. — Pour redescendre, on met simplement le commutateur A dans la position *dd'*. Le circuit du relais D est alors fermé (+ G, + *g,* secteurs *dd',* poussoir *pd,* relais D, — *g,* — G). La benne descend, d'abord à petite vitesse, puis à grande vitesse, quand le poussoir *pa* a été dégagé. Un peu avant d'arriver à bout de course en bas, le poussoir *pa* actionné par sa came interrompt les circuits des relais II et III et remet les résistances en circuit; la benne marche à petite vitesse, pour s'arrêter quand elle actionne le poussoir de descente *pd,* rompant ainsi le circuit du relais D. Un peu avant d'actionner ce poussoir, la benne, en appuyant sur un levier convenable, a ouvert la grille et coupé par le poussoir *pm* le circuit du relais de montée (**160**).

163. — 2° Si l'on veut monter une charge complète, gargousses et projectile, on actionne le levier rendant solidaires la partie supérieure de la grille et le reste (**160**). Le poussoir réducteur *pr* est alors actionné par le mouvement d'ouverture de la grille, le contact 1-2 est rompu, le contact 3-4 établi.

La benne étant chargée, on tire sur la poignée de la

grille, ce qui ferme cette dernière et dégage le poussoir de montée *pm*. Si alors on met le levier du commutateur supérieur A dans la position de montée *mm'*, la benne monte, comme dans le cas précédent, et à petite vitesse ; lorsque le poussoir *pa* est dégagé, le circuit du relais II est encore complet et ce relais peut shunter la résistance R_1, mais le circuit du relais III est coupé par le poussoir *pr*, et la résistance R_2 ainsi que le gros fil inducteur E*g* restent en circuit. La vitesse est moyenne. L'arrêt de la benne se produit comme dans le cas précédent. Pour redescendre, on met le levier du commutateur A sur *dd'*. Le circuit du relais D étant alors complet, ce relais est actionné et, en se relevant, libère le poussoir *pe* qui rompt le circuit de l'électro-aimant *e* ; le poussoir réducteur *pr* retombe alors, rétablissant la communication 1-2.

164. Monte-charges des grosses tourelles du « Saint-Louis ». — A bord du *Saint-Louis*, les tourelles de 305 pour deux canons jumelés sont munies de deux monte-charges, un par canon ; les treuils de ces monte-charges sont fixés sous le tambour garnissant le fût-pivot de la tourelle et auquel sont attachées les chaînes Galle commandant le pointage latéral de la tourelle ; les treuils tournent donc avec la tourelle, tandis que sur le *D'Entrecasteaux*, les treuils sont fixes. Dans ce dernier cas, on conçoit que le passage de la chaîne servant de garant pour la benne présente certaines difficultés mécaniques.

Chaque monte-charge du *Saint-Louis* est composé d'une benne portant horizontalement le projectile et, au-dessous, dans un caisson en cuivre, les trois tiers de gargousse ; il débouche dans la tourelle en abord du canon. Le treuil est du type blindé à vis globique, excitation en dérivation.

La commande par relais est analogue à celle qui vient d'être décrite. La seule différence importante tient à ce que deux commutateurs de manœuvre existent en haut et en bas. Trois vitesses sont encore possibles, grâce à deux relais II

et III, supprimant la résistance de démarrage par parties, le relais III en cascade sur le relais II. Un *réducteur* coupe le circuit du relais III, lorsque le projectile est monté en même temps que les gargousses. Pour monter, on met les deux manipulateurs sur *Montée ;* quand la benne arrive à bout de course en haut, le manipulateur supérieur est ramené au repos et celui du bas, libéré (grâce à l'action d'un électro-aimant), est mis automatiquement sur *Descente*. Pour descendre, il suffit donc de mettre le manipulateur supérieur dans la position convenable.

165. — Signalons une disposition fréquemment rencontrée ailleurs aussi ; sur le conducteur commun reliant une des extrémités des relais de montée ou de descente au pôle négatif de la génératrice, se trouve intercalé un poussoir-interrupteur qui est actionné lorsqu'on embraye le treuil pour la manœuvre à bras. Le circuit des relais étant coupé par cet embrayage à bras, on est assuré qu'on ne pourra pas en même temps manœuvrer électriquement.

Le fonctionnement se fait à 80 volts, comme sur le *D'Entrecasteaux*.

166. MONTE-CHARGES DES GROSSES TOURELLES DU « JAURÉGUIBERRY ». — Le *Jauréguiberry,* construit d'ailleurs avant les navires précédents, a une installation, pour les monte-charges des canons de gros calibre, comme aussi d'ailleurs pour le pointage de ces canons, différant notablement de celles précédemment décrites. Cela tient d'abord à l'ancienneté plus grande et surtout à ce que, sur le *Jauréguiberry,* les dynamos génératrices d'artillerie d'un même *ensemble* peuvent être à volonté couplées en tension et fournir le courant à 160 volts, ou fonctionner isolément et fournir le courant à 80 volts. Il en résulte une complication assez grande pour la canalisation des moteurs d'artillerie ; ainsi l'excitation des moteurs du pointage latéral et du monte-charge est faite uniquement à 80 volts, tandis que les

induits recevront le courant tantôt à 160 volts, tantôt à 80 volts, d'où la nécessité d'une canalisation à trois fils permettant d'obtenir à volonté les deux différences de potentiel. Nous avons expliqué dans un autre ouvrage ([1]) quelles considérations avaient conduit à adopter ce système compliqué. Dans le premier volume du présent ouvrage, nous avons indiqué que l'application à l'induit d'un électromoteur d'une différence de potentiel double, l'excitation des inducteurs restant sans changement, donne une vitesse de régime double (**I, 311**).

Les monte-charges des tourelles de 305 et de 274 du *Jauréguiberry* sont alternatifs. La benne transporte toujours une charge complète, projectile et fractions de gargousse. Le monte-charge est d'ailleurs établi pour que la benne s'arrête à l'arrière de la pièce unique renfermée dans la tourelle et, quand cette pièce est mise, par un pointage vertical convenable, en position de chargement, le compartiment du projectile se présente exactement devant la pièce ouverte ; le refoulement du projectile dans la pièce, puis des fractions de gargousse, transportées à bras de leurs compartiments respectifs dans celui du projectile, peut alors se faire aisément.

Nous ne reproduirons pas le schéma des connexions relatives à ce cas particulier ; les nombreux exemples que nous venons de donner permettront de comprendre la disposition des appareils, sur une simple énonciation.

167. — Le tableau des relais comprend encore deux relais doubles M et D (*montée* et *descente*) et deux relais simples II et III, permettant d'obtenir deux accélérations de la vitesse par suppression de la première section de la résistance de démarrage, puis de toute cette résistance. Le relais III est *en cascade* sur le relais II ; ce même relais III est en même temps en cascade sur les relais M ou D, suivant que l'un ou

---

1. *Cours d'électricité expérimentale*, t. IV.

l'autre de ces derniers relais est actionné. Le circuit des relais II et III est coupé par des poussoirs d'*accélération* et de *ralentissement* commandés par un plateau à cames, comme dans le treuil du *D'Entrecasteaux* (**157**). Mais ici le plateau porte deux cames excentrées, l'une agissant pendant la montée et l'autre pendant la descente ; chacune des cames commande un poussoir, qui, suivant le degré d'excentricité de la came, peut établir, toujours grâce à une bague métallique, d'abord la communication entre une paire de contacts intercalée sur le circuit du relais II, puis, plus profondément, entre deux autres contacts formant une interruption sur le circuit du relais III. La résistance du rhéostat de démarrage est ainsi supprimée progressivement. L'ordre de fonctionnement des relais II et III est rendu doublement obligatoire par la mise en cascade de III sur II et par le fonctionnement du poussoir en deux temps ; cette deuxième sécurité a été supprimée, comme nous l'avons vu, dans les installations plus récentes ; en outre, dans celles-ci, les deux cames commandaient alternativement un poussoir commun et simple intercalé sur une portion du circuit commune aux deux relais II et III ; d'ailleurs, le poussoir enfoncé par les cames coupait le circuit, qui se rétablissait lorsque les cames cessaient d'agir ; ici, deux cames agissent chacune sur un poussoir identique et double, et les poussoirs coupent les circuits à l'état de repos, les établissant lorsqu'ils sont enfoncés par les cames. Il y a encore eu là, dans les appareils plus récents, une simplification.

La commande des relais M et D, sur le *Jauréguiberry* comme sur le *D'Entrecasteaux,* comporte un commutateur au poste supérieur, avec un *bouton complémentaire.* Au poste inférieur, un poussoir de *descente* est actionné par la benne en descendant et un poussoir de *montée* ou de *sécurité de la grille* empêche encore la mise en marche pendant le chargement de la benne.

168. — L'organe essentiellement nouveau est un *relais*

spécial permettant d'obtenir un démarrage sûr et immédiat que l'on fonctionne à 160 volts ou à 80 volts. Pour en faire comprendre le fonctionnement, rappelons que la distribution se fait ici à trois fils dénommés A, B, C. Entre les fils A et B, existe toujours une différence de potentiel de 80 volts, quelle que soit la liaison des génératrices, qu'elles soient couplées en tension ou non. Entre les fils B et C, on a 80 volts, lorsque les génératrices d'un même ensemble sont couplées en tension, et une différence de potentiel nulle, lorsque les génératrices fonctionnent isolément, parce que dans ce dernier cas le jeu de commutateurs appropriés au tableau de distribution a réuni les fils B et C. En conséquence, entre les fils A et C, on a, suivant le cas, tantôt 160 volts et tantôt 80 volts seulement. Ce sont les fils A et C qui alimentent l'induit et le seul jeu des commutateurs du tableau donne 160 volts ou 80 volts à volonté; l'excitation des inducteurs et les relais ordinaires sont pris entre les fils A et B et par conséquent toujours à 80 volts. Le relais spécial, au contraire, est dérivé entre les fils B et C; il suit de là que ce relais attire une armature, lorsqu'on marche avec les génératrices couplées en tension, et qu'il est sans action sur cette armature si les génératrices fonctionnent isolément. Or un levier supportant l'armature en question porte un pont sur chacune de ses faces et ce pont peut fermer une interruption intercalée sur le fil venant d'une extrémité de l'enroulement du relais II. Lorsque l'armature est attirée (marche à 160 volts), le relais II communique, par l'interruption fermée par le pont supérieur, avec les poussoirs d'accélération et de ralentissement et, par leur intermédiaire, avec le conducteur A de la canalisation; l'autre extrémité du relais II est d'ailleurs en communication permanente avec le conducteur B de la canalisation; le circuit de ce relais II est fermé seulement par le fonctionnement des poussoirs d'accélération, comme nous l'avons indiqué plus haut. Quand, au contraire, on marche à 80 volts, l'armature du relais spécial n'est pas attirée et

l'extrémité du relais II est mise en communication *permanente* avec le conducteur A, par le pont inférieur du levier de l'armature. Par conséquent, ce relais II est *toujours* actionné et une portion de la résistance de démarrage toujours shuntée. De cette manière, le démarrage se produit à 80 volts comme à 160 volts, aussitôt que l'un des deux relais M ou D s'est abaissé. Bien entendu, la vitesse obtenue à 80 volts reste faible, après le démarrage, malgré la suppression préalable de la première section de la résistance ; l'actionnement du relais III par les poussoirs d'accélération augmente ensuite cette vitesse, en supprimant le reste de la résistance.

169. Monte-charges des tourelles de 305 du « Gaulois » et du « Charlemagne ». — Les tourelles de 305 du *Gaulois* et du *Charlemagne* renferment deux canons, qui sont approvisionnés par deux monte-charges, un *monte-gargousses* et un *monte-boulets*.

170. *Monte-gargousses.* — Le monte-gargousses est une *noria* placée dans le fût-pivot. Le moteur électrique placé en Mg, en dehors de la tourelle et sur un plancher fixe (*fig. 63*), entraîne, par l'intermédiaire d'une série de pignons et de roues dentées P_1, P_2, etc., d'arbres coudés A_1, A_2 réunis par des joints articulés J, de deux roues dentées T, T', une chaîne Galle G; cette chaîne porte treize pales sur lesquelles on charge des tiers de gargousse. Ces dernières sont ainsi montées de la soute et déversées dans la tourelle. Bien entendu, des dispositifs convenables sont installés pour qu'un arrêt automatique se produise au moment où la pale déverse sa charge, la remise en marche se faisant de la soute, où l'homme préposé au chargement ferme l'interrupteur dès qu'il est paré.

171. — Grâce au manchon d'embrayage E, on peut rendre solidaires les arbres A_1 et A_2 et par conséquent

actionner la noria, ou bien séparer l'arbre A_2 et embrayer

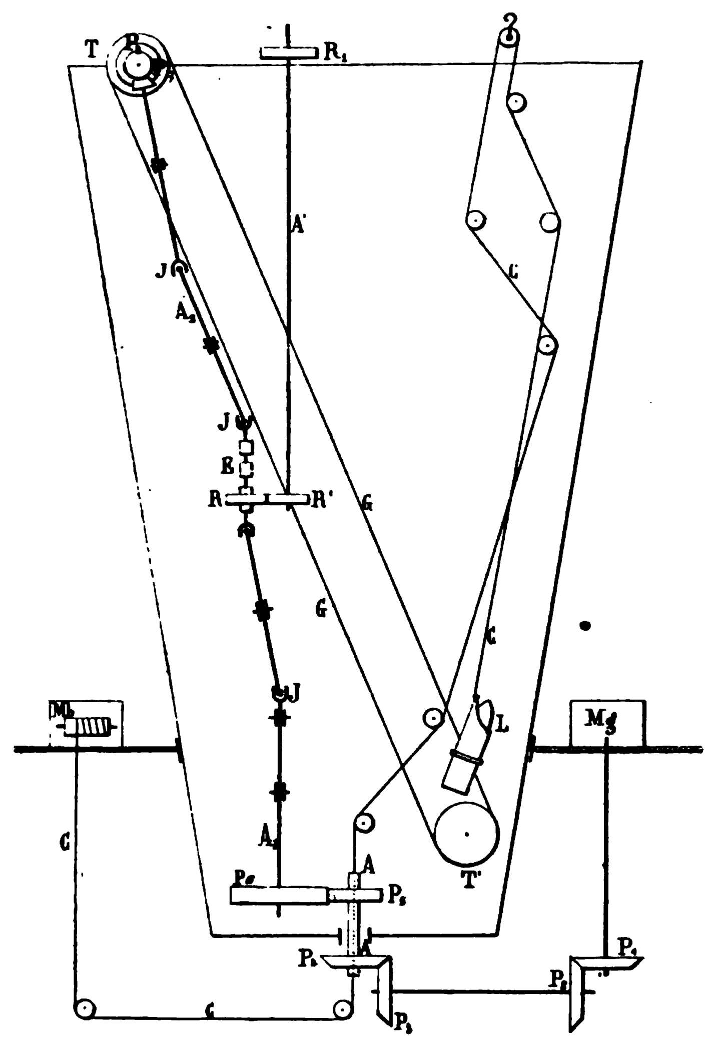


Fig. 63. — Disposition générale des monte-charges des tourelles de 305 du *Gaulois* et du *Charlemagne*.

la roue dentée R qui engrène avec une autre roue R', laquelle commande un arbre latéral A' et à l'aide d'engre-

nages R_1 actionne le *pointage vertical* des canons. En général, le pointage vertical des canons, même du plus gros calibre, se fait à bras, les pièces bien équilibrées permettant facilement cette manœuvre avec un seul homme. Mais on avait craint que, lors des tirs sous un pointage positif considérable, les *récupérateurs* ne fussent insuffisants pour ramener la pièce complètement en batterie, ce qui devait rendre très dur le pointage vertical à bras. Afin de ne pas installer un moteur spécial, pour ce cas particulier d'une faible fréquence, on a donc greffé le pointage vertical éventuel sur la noria, comme nous venons de l'indiquer. Bien entendu, alors que le mouvement du moteur électrique n'aurait dû être prévu que dans un seul sens et à une seule vitesse, pour l'actionnement de la noria, il a fallu installer une manœuvre complète de ce moteur, pour le pointage vertical. La commande électrique ne présente rien de bien particulier d'ailleurs et elle est à peu près identique à celle du *monte-boulets,* dont nous allons parler.

Le monte-gargousses prend environ 12 ampères sous 80 volts, ou 16 ampères sous 160 volts.

172. *Monte-boulets.* — Le *monte-boulets* est un monte-charge alternatif mû par un treuil M*b* (*fig. 63*) supporté par la plate-forme cuirassée. Le garant du treuil est une chaîne C qui descend dans la soute et, conduite par des poulies, arrive à l'aplomb du centre de la tourelle, dans laquelle elle pénètre par l'arbre creux A d'entraînement de la noria; la chaîne, guidée par des poulies, monte jusqu'au plafond de la tourelle, d'où elle redescend dans la soute s'accrocher à la lanterne L qui sert de *porte-projectile.*

Le moteur électrique du treuil est du type déjà étudié, blindé à vis globique, avec limiteur d'effort et embrayeur permettant la manœuvre à bras à volonté.

173. — Dans la figure 64, nous avons représenté schématiquement les appareils de commande de ce monte-bou-

lets, qui présentent quelques particularités intéressantes.

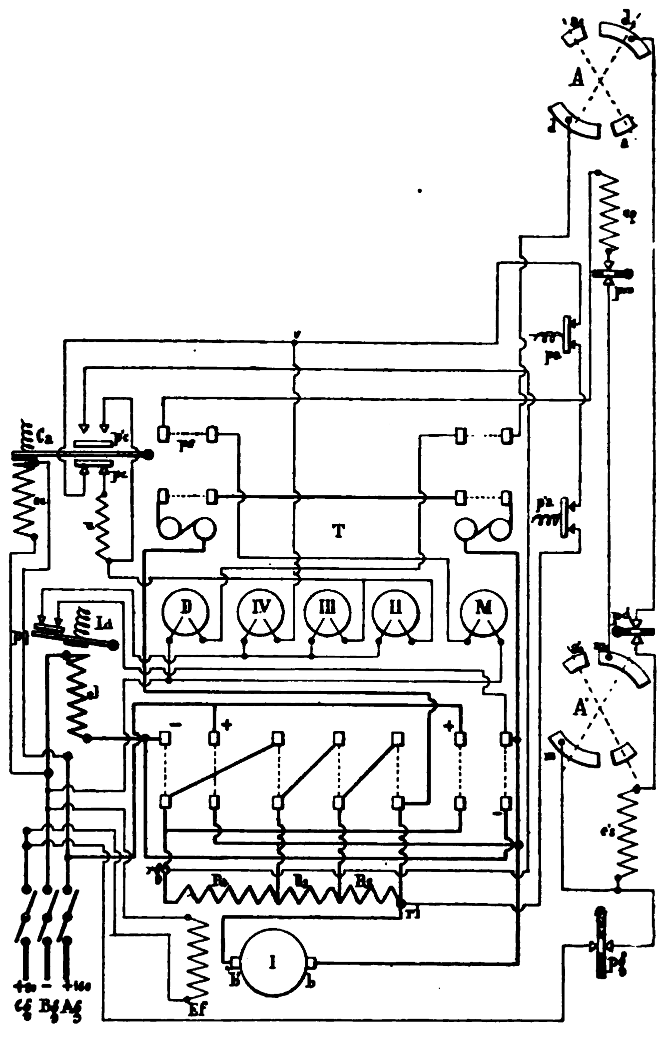


Fig. 64. — Monte-boulets des tourelles de 305 du *Gaulois;* schéma des connexions de la commande par relais.

C'est toujours le système des relais qui est mis à contribution ; mais, comme pour les monte-charges du *Jauréqui-*

berry (**166**), des dispositions particulières sont prises en raison du couplage des dynamos génératrices. Celles-ci, par groupes de deux, peuvent être à volonté couplées en tension ou en quantité, de sorte qu'on marche à volonté à 160 ou à 80 volts.

Dans la figure 64, on a représenté en G les trois câbles venant du tableau de distribution et permettant de desservir les divers appareils sous ces deux différences de potentiel.

Lorsque les deux dynamos génératrices constituant un même groupe sont couplées en tension, on a :

160 volts entre les câbles A*g* et B*g*,
80 — — B*g* et C*g*,
80 — — C*g* et A*g*.

Si les dynamos sont couplées en quantité, on a :

80 volts entre les câbles A*g* et B*g*,
80 — — B*g* et C*g*,
0 — — C*g* et A*g*.

La figure 64 suppose les dynamos couplées en tension.

Les appareils de commande comprennent un *tableau de relais* T, deux *commutateurs de mise en marche* A et A′, deux *poussoirs d'arrêt à bout de course, pm* et *pd,* deux *interrupteurs d'accélération, pa* et *p′a,* un *poussoir de tension du garant pg,* un *limiteur d'intensité* L*i,* un *commutateur automatique* C*a,* permettant de fonctionner commodément à 160 ou à 80 volts.

174. *Tableau des relais*. — Le tableau des relais T comprend un relais double de *montée* M, un relais double de *descente* D, trois relais simples II, III et IV commandant la mise en court-circuit des résistances R_2, R_3 et R_4 en série avec l'induit I. Il faut remarquer que ces relais II, III et IV, lorsqu'ils sont actionnés, mettent en court-circuit, d'une manière indépendante, chacun une des portions du rhéostat, tandis que, dans les installations précédentes comprenant

plusieurs relais de résistance, un des relais supprimait la première portion de la résistance, le deuxième cette même portion et une autre en plus, le troisième toute la résistance; une simple modification dans la liaison des plots dépendant de ces relais suffit, d'ailleurs, à en modifier l'action, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte.

Les relais M et D dépendent l'un de l'autre, le relais M ne pouvant être actionné que si D n'a pas lui-même été actionné déjà, et réciproquement, ainsi d'ailleurs que nous l'avons vu plusieurs fois.

Il faut remarquer en passant que l'excitation de l'électromoteur I est faite uniquement en dérivation par l'enroulement E*f* dérivé entre les câbles B*g* et C*g*, c'est-à-dire toujours sous 80 volts, quel que soit le mode de couplage des génératrices.

175. *Commutateurs de mise en marche.* — Le commutateur de mise en marche A′ placé en bas, au poste de chargement, n'est employé que pour la montée; lorsque le levier est dans la position mm_1 (*fig.* 64), le circuit du relais M de montée est fermé (câble C*g*, poussoir *pg*, secteurs mm_1, poussoir *pm*, enroulement *es* de l'électro-aimant de sécurité du commutateur supérieur, contact de sécurité *ps* commandé par le relais D, relais M, câble B*g*); l'excitation du relais M, comme du relais D, se fait toujours ainsi à 80 volts, quel que soit le couplage des génératrices. Lorsque le levier du commutateur inférieur est sur la position d'arrêt $a'a'_1$, non seulement le circuit du relais de montée n'est pas fermé, mais le levier du commutateur est verrouillé par l'électro-aimant de sécurité *e′s*; cet électro-aimant verrouilleur est excité lorsque le levier du commutateur supérieur A est dans la position dd_1 de descente.

De la même manière, pour exciter le relais D et faire descendre la lanterne du projectile, il suffit de mettre dans la position dd_1 le levier du commutateur supérieur A qui est dans la tourelle; lorsque le levier de ce commutateur est

sur la position d'arrêt aa_1 il est immobilisé dans cette position par l'électro-aimant *es* dont l'enroulement est intercalé sur le circuit du relais M, lorsque le commutateur inférieur A′ est sur la position de montée mm_1; de cette manière, on ne peut manœuvrer simultanément les deux commutateurs et cette sécurité double celle produite par les contacts *ps*, faisant dépendre le circuit de chacun des relais M ou D de la position de repos ou d'excitation de l'autre.

176. *Poussoirs d'arrêt à bout de course.* — Un poussoir d'arrêt pour la montée *pm* est actionné par la lanterne à fin de course ; il est intercalé sur le circuit du relais M commandé par le commutateur A′. De même, un poussoir de descente *pd* placé à la partie inférieure est intercalé sur le circuit du relais D. Chacun de ces poussoirs interrompt le circuit du relais correspondant et arrête la lanterne lorsqu'il est actionné par elle.

177. *Interrupteurs d'accélération.* — Un peu avant d'actionner le poussoir *pm*, la lanterne, en montant, actionne l'interrupteur d'accélération *pa*; de même la lanterne actionne, en descendant, l'interrupteur *p′a*, un peu avant d'actionner le poussoir *pd*. Ces deux interrupteurs sont intercalés en série sur le circuit du relais de résistance IV, lorsqu'on fonctionne à 80 volts, et sur la partie commune aux relais IV, III et II, lorsqu'on fonctionne à 160 volts. La lanterne étant en bas, l'interrupteur *p′a* est ouvert et l'interrupteur *pa* est fermé comme le montre la figure, le circuit du relais de résistance IV, ou des relais IV, III et II, suivant le cas, est ouvert ; le démarrage effectué, la lanterne, en montant, *ferme* l'interrupteur *p′a*, ce qui actionne les relais de résistance et met en court-circuit les portions correspondantes du rhéostat ; puis, la lanterne actionnant l'interrupteur *pa ouvre* le circuit des relais de résistance et rétablit le rhéostat en série ; le fonctionnement est analogue à la descente.

178. *Poussoir de tension du garant.* — On a voulu empêcher qu'on puisse mettre en marche le treuil, lorsque le garant qui soutient la lanterne n'est pas tendu, afin d'éviter les chocs et les avaries. A cet effet, le rhéa de retour R sur la plate-forme de soute (*fig. 65*) est supporté par deux flasques F mobiles autour d'un axe A. Si le garant a du mou, la flasque s'abaisse et un talon T vient appuyer sur un poussoir-interrupteur *pg ;* or, ce dernier est intercalé sur la partie commune des circuits des relais M et D (fil allant rejoindre le câble C*g*), et ces circuits sont interrompus par la pression du poussoir (*fig. 64*).

179. *Limiteur d'intensité.* — Il est destiné à combattre une exagération de l'intensité du courant dans le moteur

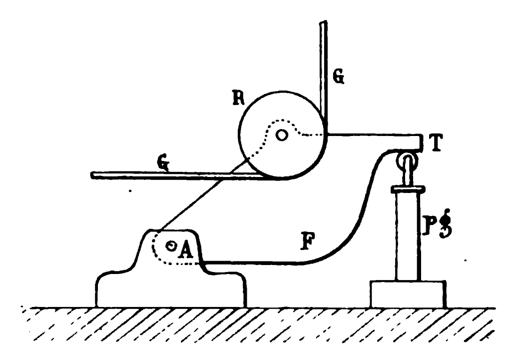


Fig. 65. — Poussoir de tension du garant dans les monte-boulets de 305 du *Gaulois*.

électrique, due par exemple à un arrêt ou à un ralentissement important de la lanterne par coincement dans ses guides.

Ce *limiteur d'intensité* L*i* se compose d'un électro-aimant *el,* enroulé de gros fil et intercalé sur l'un des conducteurs venant de la génératrice et allant au tableau des relais (ici le câble B*g*) ; l'électro-aimant excité attire une armature oscillant autour de l'axe *o* et rappelée par un ressort antagoniste. Le levier de l'armature porte un pont *pl ;* lorsque l'intensité passant en *el* n'est pas trop grande (cas de

la figure), ce pont vient fermer une interruption ménagée sur le circuit des relais de résistance II, III et IV ; lorsque l'intensité dépasse une certaine valeur, l'armature est attirée par l'électro-aimant et le circuit des relais de résistance étant ouvert, toute la résistance du rhéostat est introduite dans le circuit du moteur électrique, *quelles que soient les conditions de marche actuelles.* Le ressort antagoniste du levier de l'armature est naturellement réglé en conséquence.

180. *Commutateur automatique.* — Ce *commutateur automatique* C*a*, analogue au *relais spécial* du *Jauréguiberry* (**168**), établit des communications différentes entre les relais de résistance et la source, suivant qu'on fonctionne à 160 ou à 80 volts.

Ce commutateur comprend un électro-aimant *ec* enroulé de fil fin et excité par une dérivation prise entre les conducteurs A*g* et B*g*. Cet électro-aimant agit sur une armature rappelée d'autre part par un ressort antagoniste ; le levier de cette armature porte deux ponts *pc* et *p'c ;* lorsque l'armature est attirée par l'électro-aimant (cas de la figure), le pont inférieur *pc* appuie sur deux contacts ; si l'armature est rappelée en haut par son ressort, c'est le pont supérieur *p'c* qui appuie sur des contacts. Or, lorsque les dynamos génératrices sont couplées en tension, on a 160 volts entre A*g* et B*g*, et si les dynamos sont couplées en quantité, on n'a plus que 80 volts entre les mêmes conducteurs ; un réglage facile du ressort antagoniste permet donc d'obtenir l'attraction de l'armature à 160 volts et son rappel en haut pour 80 volts. Nous pouvons maintenant examiner les diverses communications dues au jeu des ponts *pc* et *p'c* (*fig.* 64).

181. — 1° Lorsqu'on marche à 160 volts, le pont *pc* ferme l'interruption inférieure. L'une des extrémités de l'enroulement des trois relais II, III et IV est reliée en permanence (si le limiteur d'intensité le permet) au balai *b* du moteur

électrique ; les autres extrémités du fil des relais II et III réunies rejoignent une résistance supplémentaire *u*, puis, par le pont *pc* abaissé, au point *v*, le fil venant de la seconde extrémité du relais IV ; en passant ensuite par les interrupteurs *pa* et *p'a*, on gagne, par *ri*, le second balai *b'* du moteur électrique. La figure 66 représente schématiquement la disposition des circuits des relais de résistance à 160 volts,

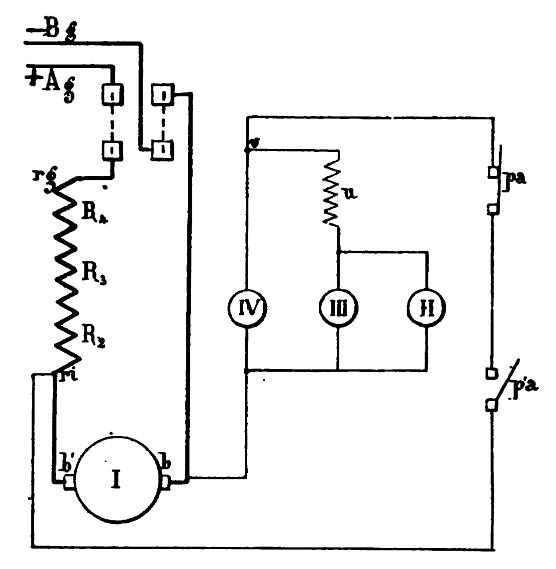


Fig. 66. — Monte-boulets de 305 du *Gaulois* ; disposition schématique des circuits des relais à 160 volts.

tous en dérivation entre les balais du moteur ; on a supposé dans la figure le relais M actionné. Il en résulte que les relais de résistance ne seront actionnés que lorsque le relais M ou le relais D aura été tout d'abord actionné lui-même et que, le démarrage effectué, la différence de potentiel aux bornes du moteur aura atteint une valeur minimum réglée par la tension des ressorts antagonistes. Avec un réglage convenable, on peut d'ailleurs provoquer l'abaissement *successif* des trois relais ; on voit d'ailleurs que, suivant le sens de marche du moteur, le courant qui traverse

les relais est différent, ce qui n'a aucune importance, si les noyaux des relais sont bien en fer. Bien entendu, les relais ne sont actionnés que lorsque la lanterne est entre les interrupteurs *pa* et *p'a*.

182. — 2° Lorsqu'on fonctionne à 80 volts, c'est le pont supérieur *p'c* du commutateur automatique qui appuie sur

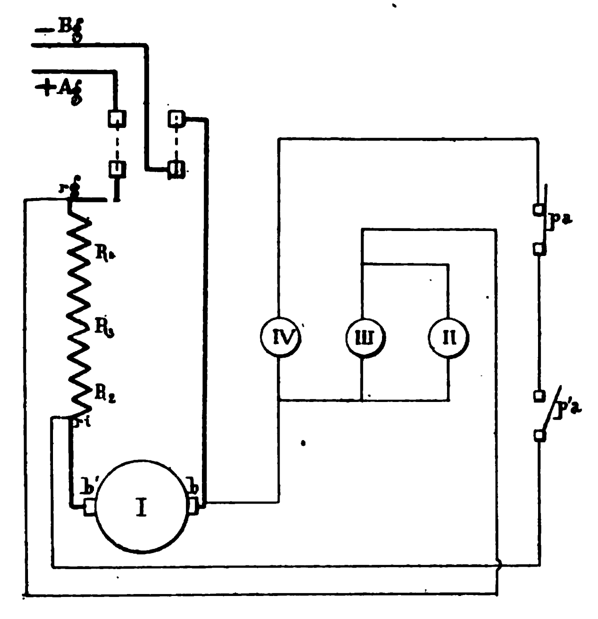


Fig. 67. — Monte-boulets du *Gaulois*; disposition schématique des circuits des relais, à 80 volts.

ses contacts. L'une des extrémités du fil des relais II, III et IV est toujours reliée au balai *b* de l'électromoteur; la seconde extrémité de l'enroulement du relais IV reliée à *v* rejoint toujours par les interrupteurs *pa* et *p'a* le second balai *b'* de l'électromoteur; par conséquent, ce relais est actionné lorsque la lanterne court entre les deux interrupteurs. Au contraire, la seconde extrémité des deux relais II et III est reliée par le pont *p'c* au point *rg*, qui sera lui-même

mis en relation directement avec l'un des pôles de la génératrice quand le relais M ou le relais D aura été abaissé. La figure 67 montre d'ailleurs schématiquement les connexions des relais de résistance, dans le cas de la marche à 80 volts et en supposant abaissé le relais de montée M. Les relais II et III seront donc actionnés et les résistances R_2 et R_3 mises en court-circuit aussitôt que l'un des relais M ou D aura été abaissé; le démarrage peut donc s'effectuer, grâce à la diminution de la résistance, malgré la réduction de la différence de potentiel. La troisième portion R_4 du rhéostat ne sera supprimée que par la lanterne elle-même, agissant sur les interrupteurs *pa* ou *p'a*.

Le moteur du monte-boulets prend 15 ampères sous 80 volts et 18 ampères à 160 volts.

183. Modifications récentes apportées à la commande par relais des treuils à munitions. — Nous avons indiqué plus haut (**114**) que des simplifications économiques ont été introduites dans la construction des relais simples ou doubles et que, d'une manière générale, au moins pour les relais moyen modèle, les ponts manœuvrés par les relais sont supprimés et les communications établies au moyen d'un contact mobile, porté par le levier du relais venant appuyer sur un contact fixe ou plot; le contact porté par le relais est l'un des balais formant autrefois le pont et il est relié aux connexions extérieures par un conducteur souple.

De ce chef dérivent déjà des modifications assez importantes, dans les connexions, pour les treuils nouveaux. En outre, plusieurs changements ont été apportés dans la construction et le fonctionnement des treuils pour répondre à des desiderata nouveaux; on a dû dès lors avoir recours à de nouveaux moyens d'action.

184. — Ainsi, par exemple, la vis globique *non réversible* a donné jusqu'ici toute satisfaction au point de vue du

fonctionnement ; mais le rendement d'une telle vis est faible. Pour améliorer ce dernier et réduire ainsi la dépense du courant nécessaire au fonctionnement, on emploiera sur plusieurs navires en construction (*Patrie, Justice,* etc.) une *vis réversible* d'un rendement meilleur. Mais la vis non réversible présentait le grand avantage d'empêcher tout mouvement rétrograde de la charge, après l'arrêt du moteur électrique.

Pendant le fonctionnement électrique, aucun frein n'était donc nécessaire, ce qui simplifiait le mécanisme ; la mise en court-circuit de l'induit de l'électromoteur, en provoquant l'arrêt instantané de ce dernier, amenait aussi l'arrêt définitif de la charge, ce qui permettait d'obtenir simplement une grande précision de manœuvre.

Pour le fonctionnement à bras, on pouvait également se passer de frein, en agissant sur l'axe de l'induit de l'électromoteur. Un frein ne devenait nécessaire, pour le fonctionnement à bras, que lorsque, après avoir débrayé l'axe de l'induit et de la vis, on agissait directement sur l'axe du tambour d'enroulement.

Avec une vis réversible, non seulement un frein est toujours nécessaire pour la manœuvre à bras, mais, même pendant le fonctionnement électrique, il est indispensable. Ce frein doit être *automatique,* si l'on veut manœuvrer avec quelque précision.

Les *Forges et Chantiers de la Méditerranée* font usage pour leurs nouveaux treuils d'un frein électromagnétique, dont nous parlerons plus loin.

185. — En second lieu, pour les monte-charges à une seule benne, il est clair qu'on peut augmenter la rapidité d'approvisionnement, sans augmenter la puissance du treuil, en accélérant la vitesse de descente, *sans changer celle de montée.* On y parvient en *diminuant, pour la descente seulement,* le champ magnétique inducteur, dans une proportion modérée d'ailleurs (**I, 302**), par l'introduction dans

le circuit d'excitation d'un rhéostat commandé par le relais de descente. Il faut remarquer que le courant pris par l'induit à la descente, dans le cas d'un monte-charge à une seule benne, est normalement très inférieur au courant de montée et que l'électromoteur a été calculé pour marcher convenablement avec ce dernier. Par conséquent, bien que la diminution du champ inducteur pour la descente entraîne un accroissement du courant dans l'induit, on se trouvera encore dans de bonnes conditions de marche, le courant ainsi accru restant encore inférieur au courant de montée et le treuil développant une puissance moindre que celle pour laquelle il a été établi, malgré l'accroissement de la vitesse. La réduction du champ inducteur est ici absolument légitime.

186. — Enfin, ainsi qu'on l'a vu dans les nombreux exemples que nous avons donnés, la suppression de la résistance de démarrage, en une seule fois, ou par fractions successives, était obtenue précédemment par le fonctionnement de relais de résistance actionnés par un commutateur d'accélération, lui-même entraîné par le mouvement de l'électromoteur ; ou bien encore les relais de résistance étaient actionnés par des poussoirs ou interrupteurs commandés par la benne elle-même, dans son mouvement d'ascension ou de descente (**177**). On était assuré ainsi que la suppression de la résistance de démarrage ne pourrait s'effectuer qu'une fois le moteur en marche et même seulement après qu'un certain parcours aurait été effectué. Nous avons indiqué que pour plus de sécurité les relais de résistance étaient pris en dérivation, dans beaucoup de cas, non pas aux bornes des génératrices, mais aux balais de l'électromoteur ou tout au moins en deux points séparés de la génératrice par une partie de la résistance de démarrage. De cette façon, et grâce à un réglage convenable des ressorts antagonistes, les relais de résistance ne fonctionnaient que lorsque la vitesse d'équilibre était obtenue, après démar-

rage, même si leur circuit était auparavant fermé par le commutateur d'accélération.

Dans le but d'obtenir une installation plus simple et plus économique, on a pensé pouvoir supprimer le commutateur d'accélération, la mise en dérivation des relais aux balais du moteur s'étant dans la pratique montrée suffisante pour empêcher une suppression trop hâtive de la résistance de démarrage.

187. — Toutefois, il convient de faire remarquer que le commutateur d'accélération, non seulement supprimait, après un certain parcours de la benne, la résistance de démarrage, mais encore rétablissait cette résistance en circuit avec l'induit, quelque temps avant l'arrivée de la benne à bout de course ; le ralentissement ainsi obtenu préparait l'arrêt définitif et permettait d'obtenir une grande précision dans cet arrêt.

Aussi, lorsque la vitesse du monte-charge est très grande, a-t-on cru devoir conserver le commutateur d'accélération et de ralentissement à bout de course. C'est seulement lorsque la vitesse linéaire de la benne est inférieure à 1,50 m/s que tout commutateur est supprimé ; la résistance, une fois supprimée par le fonctionnement des relais de résistance, reste supprimée au moment de l'arrêt définitif, qui se produit en pleine vitesse ; la précision s'est trouvée suffisante en pratique, avec la limite de vitesse ci-dessus indiquée.

188. — La figure 68 montre schématiquement les connexions pour un treuil à munitions, système des relais, tel que ceux qui seront employés sur la *Patrie* et la *Justice*.

Le tableau des relais comprend un relais double pour la montée M, un relais double pour la descente D et un relais simple II permettant de mettre en court-circuit la résistance de démarrage R et l'enroulement de gros fil E*g* compoundant l'inducteur au moment du démarrage ; la disposition

des connexions est sensiblement différente des précédentes.

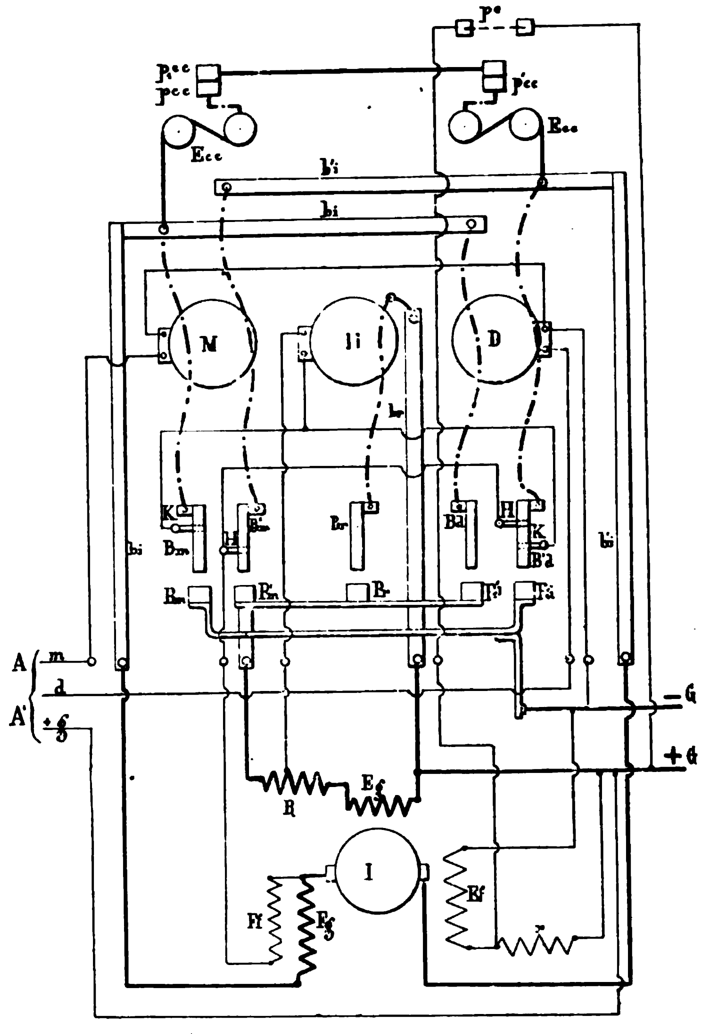


Fig. 68. — Treuil à munitions à descente rapide et à commande par relais simplifiée ; schéma des connexions.

Le pôle positif + G de la génératrice communique avec les deux plots P'*m* et P'*d* par l'intermédiaire de la résistance R

et de l'enroulement de gros fil E*g*; le pôle négatif — G communique directement avec les plots P*m* et P*d*; ces plots sont reliés deux à deux par des barres. Les deux balais de l'induit I de l'électromoteur, au lieu d'être, comme dans les dispositions antérieures, reliés à des plots placés près de ceux communiquant avec la génératrice et pouvant être mis en communication avec ces derniers par des ponts, sont reliés à deux barres *bi* et *b'i*; de ces barres partent des *fils souples* allant rejoindre les balais B*m* et B'*m*, B*d* et B'*d* portés par les leviers des relais M et D (dans la figure, ces fils souples ont été figurés en traits interrompus par des points). Quand le relais M, par exemple, est abaissé, les balais B*m* et B'*m* viennent appuyer sur les plots P*m* et P'*m*, mettant ainsi en communication l'induit I avec la génératrice, comme dans les systèmes précédents, mais par un autre procédé de contact.

La mise en court-circuit de la résistance R+E*g* s'effectue pareillement par l'application du balai B*r* porté par le levier du relais II sur le plot P*r*, le balai B*r* étant relié, par un fil souple, à une barre *br* communiquant avec l'extrémité des résistances.

189. — La mise en court-circuit de l'induit I s'opère encore par la mise en communication de plots *pcc* et *p'cc* reliés aux balais, avec intermédiaire d'électro-aimants de court-circuit E*cc* et E'*cc*; mais ici, au lieu d'employer un pont pour réunir deux plots voisins, un contact mobile *pcc*, porté par le levier du relais M et relié par un fil souple à l'extrémité de l'électro-aimant E*cc*, vient appuyer sur le plot fixe $p_{\iota}cc$, lorsque le relais est dans la position de repos, et il en est de même pour le relais D. Dans la figure 68, on a supposé les deux relais M et D relevés et le court-circuit de l'induit établi.

190. — La commande des relais M et D se fait toujours au moyen de deux commutateurs de mise en marche placés

en haut et en bas. On ne les a pas représentés dans la figure et ils n'offrent rien de particulier ; on a seulement figuré les fils *m, d* et $+g$ qui vont rejoindre les commutateurs A et A'.

191. — Le relais de résistance II a une des extrémités de son enroulement reliée au pôle négatif — G de la génératrice, lorsque le relais M ou le relais D a été actionné, par l'intermédiaire d'un des contacts K, ainsi d'ailleurs que nous l'avons indiqué dans la plupart des installations précédentes. L'autre extrémité de l'enroulement du relais II est fixée en un point du rhéostat R ; elle est séparée par conséquent du pôle + G par une partie de la résistance R et par l'enroulement de gros fil E*g ;* un réglage du ressort antagoniste permet de retarder l'actionnement du relais jusqu'à ce que, le démarrage ayant été effectué, la benne ait pris sa vitesse d'équilibre et que l'intensité ait été ramenée à la valeur normale. Cette sécurité, utilisée déjà dans les applications précédentes, a paru suffisante pour qu'on pût supprimer tout commutateur d'accélération. Naturellement, une fois le relais II abaissé, la résistance R+E*g* est mise en court-circuit, le relais n'en est que plus fortement maintenu abaissé, puisque alors les deux extrémités de l'enroulement sont reliées directement aux pôles + G et — G de la génératrice ; le relais II ne se relève que lorsque le relais M ou le relais D, suivant le cas, se relève lui-même, c'est-à-dire à l'arrêt de la benne, qui marche à grande vitesse jusqu'au bout.

Ce qui précède indique les *simplifications* apportées aux appareils ou aux connexions. Les *additions* importantes sont relatives au *frein électromagnétique* et à l'emploi d'un *rhéostat d'excitation* (**184** et **185**).

192. *Frein électromagnétique.* — Ce frein est un frein à lame qui s'applique automatiquement sur un tambour claveté sur un des arbres du treuil ; à l'état de repos, le frein

est appliqué, il ne cesse d'agir que si un électro-aimant F*f* est excité. Or, l'enroulement de cet électro-aimant est dérivé entre l'un des balais de l'induit I de l'électromoteur et l'un des contacts H, lequel est relié au second balai de l'électromoteur lorsque le relais M ou le relais D est abaissé. L'enroulement F*f* est donc excité si le moteur fonctionne pour la montée ou pour la descente. Lorsque le moteur s'arrête, l'enroulement F*f* cesse d'être excité, non seulement parce que la génératrice cesse d'être reliée à l'induit I, mais encore parce que le circuit de F*f* est rompu en H par le relèvement du relais M ou D ; le frein doit donc s'appliquer alors et empêcher tout mouvement rétrograde du treuil.

193. — Toutefois, si l'application du frein se faisait immédiatement après que le relais M ou le relais D est relevé, il devrait absorber toute la force vive possédée par le treuil en mouvement et cette application trop brutale, *sur le treuil en mouvement,* d'un frein mécanique ,ne manquerait pas de le soumettre à des efforts considérables pouvant entraîner déformation et usure. Il vaut mieux donc n'appliquer le frein que lorsque tout mouvement du treuil dans le sens qu'on lui a communiqué volontairement a cessé et lorsque le mouvement rétrograde *menace* de se produire. Or, pendant que le treuil continue le mouvement en avant qu'on lui a donné, après que les relais de mise en marche sont relevés, l'induit I est en court-circuit et un courant le parcourt ; si donc l'électro-aimant du frein porte, en sus de son enroulement principal de fil fin F*f*, un enroulement de gros fil F*g*, *intercalé* sur le circuit de l'induit, cet enroulement, traversé par le courant intense et momentané de court-circuit, suffira à empêcher l'application du frein, au moins tant que le mouvement en avant du treuil restera prononcé. Aussitôt que ce mouvement cessera d'être notable et que le courant de court-circuit sera dès lors presque annulé, l'application du frein se fera, empêchant le mouvement rétrograde.

194. *Rhéostat d'excitation.* — Sur le circuit de l'enroulement de fil fin E*f* de l'électromoteur est intercalée une résistance *r* ; cette résistance est mise en court-circuit lorsqu'un pont *pe* met en communication deux plots où aboutissent les extrémités de la résistance. Or, ce pont est commandé par le levier du relais D de descente, de telle sorte que la résistance *r* soit mise en court-circuit lorsque le relais D est relevé et que la résistance soit en série avec l'enroulement E*f* lorsque le relais D est abaissé pour la descente. La vitesse de descente est donc accrue par ce procédé, et la vitesse de montée reste sans changement.

II. — *Commande par relais, système Bréguet.*

195. Relais. — La maison Bréguet, sauf dans les derniers modèles de treuils, n'utilisait les relais que pour constituer un inverseur du courant dans l'induit ; aucun relais ne commandait la résistance de démarrage, l'accélération après le démarrage ou le ralentissement à la fin de la course étant obtenus directement, par la mise en court-circuit ou la remise en circuit de la résistance de démarrage provoquée par l'action directe d'un commutateur actionné par le treuil.

Pour les nouveaux navires (*Démocratie*), le commutateur visé ci-dessus ferme ou rompt le circuit d'un relais spécial mettant en court-circuit la résistance de démarrage ou la remettant en circuit. On retrouve alors, dans les grandes lignes, la disposition générale que nous avons rencontrée dans les installations précédemment décrites.

Pour tous les cas, la mise en marche, en un sens ou dans l'autre, s'opère par l'intermédiaire de deux relais, l'un de *montée,* l'autre de *descente,* l'ensemble constituant un inverseur. A l'arrêt, l'induit est mis en court-circuit, toujours par l'intermédiaire des deux relais.

Trois dispositions principales ont été successivement mi-

ses en application pour les relais de montée et de descente; nous allons successivement les examiner.

196. Première disposition des relais. — La figure 69 représente le tableau des relais pour un treuil électrique, avec la première disposition adoptée par la maison Bréguet (*Bouvet, Protet,* etc.).

Essentiellement, il se compose de deux électro-aimants M et D pouvant basculer autour des axes *o* et *o'*. Ces électro-aimants entraînent dans leur mouvement, en même temps que leurs noyaux et leurs armatures, des leviers L*m* et L*d*. Ces leviers portent à leurs extrémités des contacts en charbon C*m* et C*d* qui viennent, suivant la position des électro-aimants et des leviers, appuyer, soit sur le charbon fixe C*p* communiquant avec le pôle positif de la génératrice, par l'intermédiaire du rhéostat R et de l'interrupteur K, soit sur les charbons fixes C*n* ou C'*n* communiquant avec le pôle négatif de la génératrice. Comme les deux leviers L*m* et L*d* sont reliés, à l'aide de conducteurs souples *sb* et *sb'*, avec les deux balais *b* et *b'* de l'induit de l'électromoteur, on voit donc que, dans la position indiquée par la figure et qui est la position de repos, les balais de l'électromoteur communiquent tous deux avec le charbon C*p* et que, par conséquent, l'induit est en court-circuit. Si l'électro-aimant M bascule vers la gauche, le balai *b* du moteur communique avec le pôle négatif de la génératrice, tandis que le balai *b'* continue à communiquer avec le pôle positif; le courant passe alors dans l'induit, dans le sens convenable pour la montée.

Si, au contraire, l'électro-aimant M est au repos et si l'électro-aimant D bascule vers la droite, le balai *b* communique avec le pôle positif et le balai *b'* avec le pôle négatif; le courant passe dans l'induit de l'électromoteur, dans le sens de la descente.

C'est un ressort T qui maintient au repos les leviers L*m* et L*d* appuyés sur le charbon C*p*. D'autre part, l'électro-

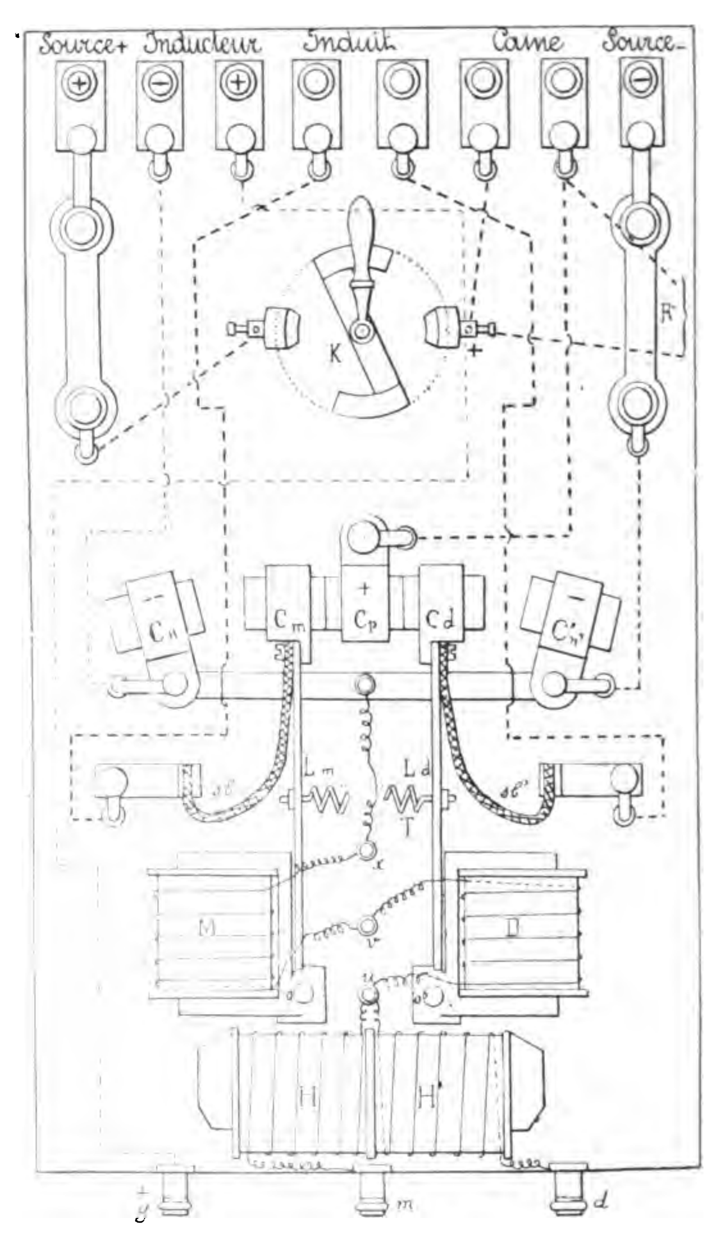


Fig. 69. — Tableau de relais *Bréguet*, première disposition.

aimant M ou l'électro-aimant D bascule autour de son axe lorsqu'il est attiré par l'électro-aimant fixe HH'; celui-ci porte deux enroulements dont l'un commence à la borne *m* et l'autre à la borne *d* et dont les sorties sont réunies en *u*. Au point *u* commence l'enroulement de l'électro-aimant D, lequel se termine en *v*, l'enroulement de M venant à la suite, de *v* en *x*, ce dernier point étant relié au pôle négatif de la génératrice.

197. — Supposons qu'on relie la borne *m* au pôle positif de la génératrice à l'aide d'un commutateur extérieur, la borne *d* restant isolée. Étant donné le sens des enroulements de la figure, l'électro-aimant H prend un pôle nord à sa gauche et un pôle sud à sa droite, l'électro-aimant D prend un pôle sud en bas et l'électro-aimant M un pôle sud en bas; par suite, l'électro-aimant M sera attiré par H et basculera vers la gauche, tandis que l'électro-aimant D sera repoussé et, obéissant au ressort T, restera dans la position de repos, le levier L*d* appuyé sur C*p*. Au contraire, si le commutateur extérieur met la borne *d* en communication avec le pôle positif de la génératrice, l'électro-aimant fixe, excité par l'enroulement H', prend un pôle nord à droite et un pôle sud à gauche, tandis que les électro-aimants M et D continuent à avoir un pôle sud en bas; c'est donc alors l'électro-aimant D qui est attiré et bascule vers la droite.

Dans la partie supérieure du tableau des relais, on voit huit bornes où aboutissent les conducteurs venant respectivement : du pôle positif de la génératrice, des extrémités de l'enroulement inducteur de l'électromoteur, des balais de l'induit, des deux contacts d'un commutateur d'accélération dont nous parlerons plus loin (appelé ici *came*), enfin, du pôle négatif de la génératrice.

198. Remarque. — Il n'y a pas à craindre, comme dans le système des relais *Sautter, Harlé, Savatier et de Lagabbe,* que l'actionnement *simultané* des électros M et D

mette la génératrice en court-circuit. De ce chef, on peut supprimer une partie des sécurités que nous avons vu employer avec les systèmes antérieurs. Cette remarque s'applique aux dispositions suivantes.

199. Deuxième disposition des relais. — Dans cette disposition, on retrouve encore, comme dans la précédente, deux électro-aimants, l'un M pour la montée, l'autre D pour la descente ; mais ces électro-aimants agissent ici directement pour établir les communications, suivant que l'un ou l'autre est excité. La figure 70 montre cette disposition telle qu'elle a été réalisée pour la commande des treuils à munitions de la grosse artillerie de plusieurs navires (*Iéna, Henri-IV,* etc.). Lorsqu'un des électro-aimants, M dans la figure, est excité, il attire un noyau N*m* et la tête *tm* de ce dernier vient agir sur la queue d'un levier L*m*, mobile autour de l'axe *o*, et le fait basculer vers la gauche ; le levier L*m* vient alors appuyer sur un balai métallique feuilleté B*n*, relié au pôle négatif de la génératrice par l'intermédiaire de l'interrupteur K ; en même temps, un charbon C*m* porté par l'extrémité du levier vient s'engager dans un contact métallique formant pince C*n* en communication avec B*n* et par suite avec le négatif de la génératrice ; ce contact par charbon constitue un pare-étincelles. C'est la position de L*m* représentée dans la figure.

Au contraire, l'électro-aimant D n'étant pas excité, le ressort T rappelle le levier L*d*, qui vient s'appliquer sur le balai feuilleté B'*p* communiquant avec le pôle positif de la génératrice ; en même temps, le charbon C*d* vient s'engager dans le contact C'*p* également positif, comme le représente la figure. Comme les leviers L*m* et L*d* sont respectivement reliés, par des conducteurs souples *sb* et *sb'*, aux balais *b* et *b'* de l'électromoteur, il s'ensuit donc que le courant est lancé dans l'induit en un certain sens, qu'on suppose être le sens de montée.

Si l'électro-aimant M cesse d'être excité et si on excite à

son tour l'électro-aimant D, les positions des leviers sont

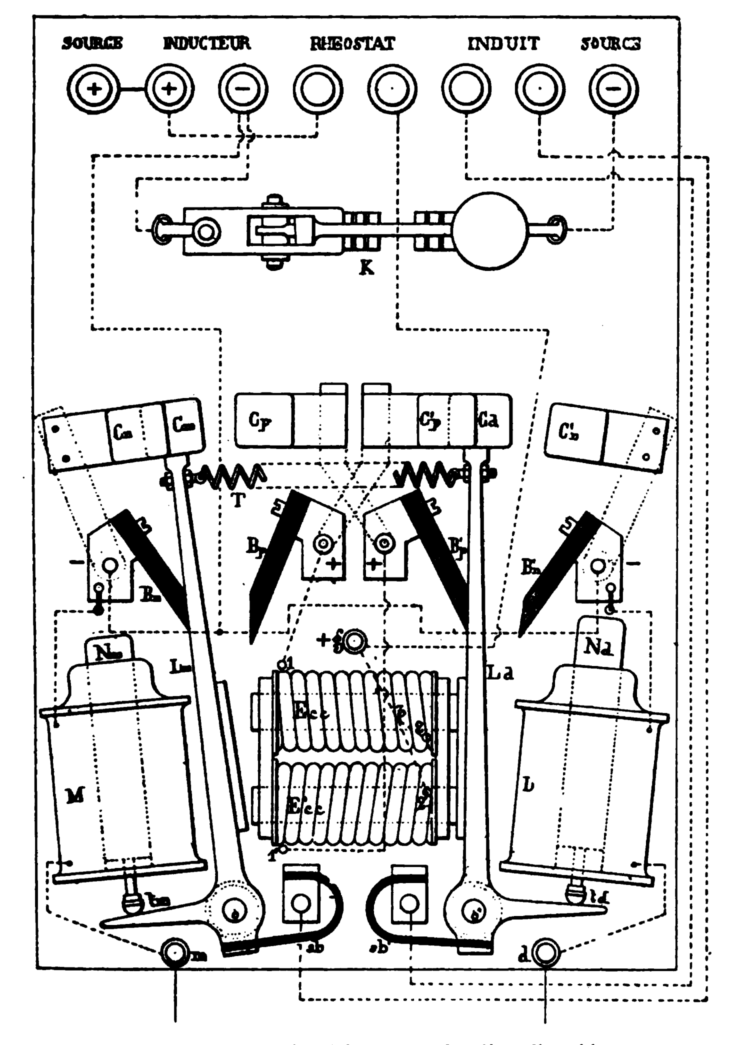


Fig. 70. — Tableau de relais *Bréguet,* deuxième disposition.

inverses et le courant passe par l'induit, dans le sens de la descente.

Une des extrémités des électro-aimants M et D est, en permanence, reliée au pôle négatif de la génératrice, l'autre extrémité, par la borne *m* ou la borne *d* et grâce à l'intermédiaire d'un commutateur extérieur, sera à volonté reliée au pôle positif de la génératrice, ce qui complétera le circuit de l'un ou l'autre électro-aimant.

200. — On a prévu, dans cette disposition, un électro-aimant E*cc* assurant les contacts de court-circuit. Sur le trajet des conducteurs allant du pôle positif de la génératrice aux balais B*p* et B'*p*, on a intercalé un des deux enroulements E*cc* ou E'*cc* de l'électro-aimant de court-circuit, de sorte que, si les deux leviers L*m* et L*d* sont au repos, les balais *b* et *b'* sont réunis par *sb*, L*m*, B*p*, 1, E*cc*, 2, 3, 2', E'*cc*, 1', B'*p*, L*d*, *sb'*. Le courant de court-circuit passe donc dans les enroulements E*cc* et E'*cc* et provoque une forte adhérence d'armatures en fer portées par les leviers L*m* et L*d*, empêchant ainsi les leviers de rebondir sur les balais B*p*, et B'*p*. On remarquera sur la figure qu'on a croisé les communications des charbons C*p* et C'*p* et des balais B*p* et B'*p*, afin d'assurer plus sûrement le court-circuit.

201. — Sur le trajet du conducteur venant du pôle positif de la génératrice est intercalé un rhéostat dont la résistance pourra être mise en court-circuit par le fonctionnement d'un commutateur d'accélération.

202. — Dans la partie supérieure du tableau des relais, on voit encore huit bornes où aboutissent des conducteurs venant respectivement : du positif de la génératrice, des extrémités de l'enroulement inducteur de l'électromoteur, des extrémités du rhéostat de démarrage, des balais de l'induit, du pôle négatif de la génératrice.

203. Troisième disposition des relais. — Comme dans la première disposition, deux électro-aimants M et D (*fig.* 71)

peuvent basculer autour des axes *o* et *o'*. Ces électro-aimants portent des leviers L*m* et L*d* en communication par des con-

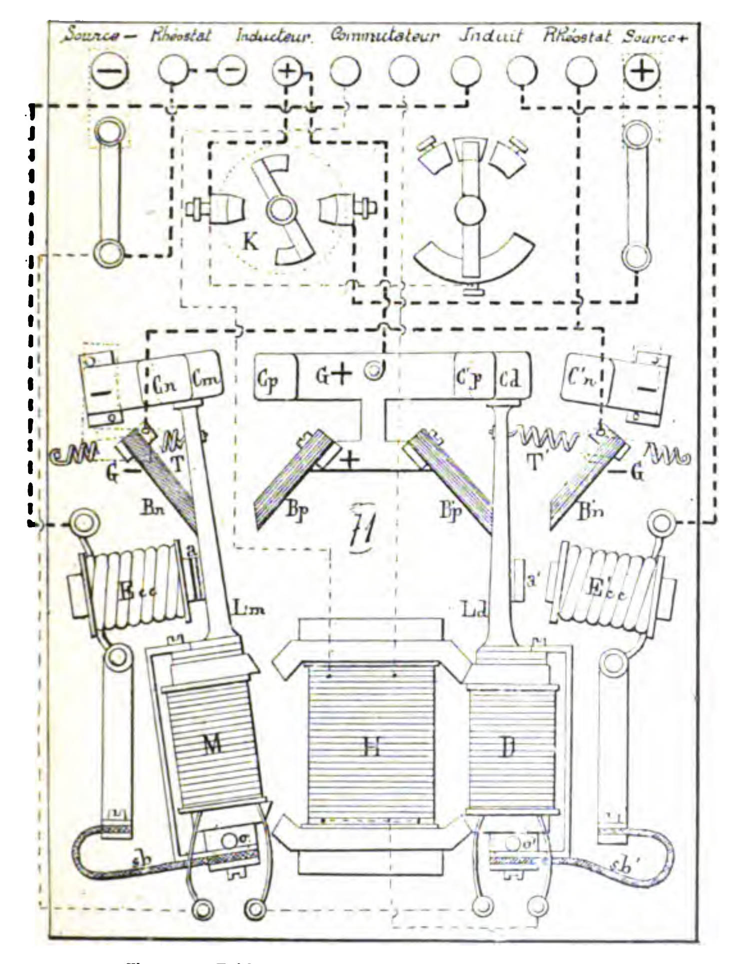


Fig. 71. — Tableau de relais *Bréguet;* troisième disposition.

ducteurs souples *sb* et *sb'* avec les balais *b* et *b'* de l'électromoteur.

Dans la position de repos *inclinée,* les leviers L*m* et L*d*, sollicités par les ressorts T et T', appuient sur les balais B*n*

et B'*n* en communication avec le pôle négatif de la génératrice — G, par l'intermédiaire du rhéostat de démarrage. L'induit est alors en court-circuit. Les charbons C*m* et C*d* terminant les leviers sont d'ailleurs engagés dans les contacts négatifs C*n* et C'*n* et servent de pare-étincelles. Lorsque l'électro-aimant M, par exemple, bascule vers la droite et devient vertical, le levier L*m* vient appuyer sur le positif B*p*, le levier L*d* restant sur le négatif B'*n*; les balais de l'électromoteur sont alors en communication avec les pôles différents de la source et le mouvement se fait dans le sens de la montée. Le courant passe en sens inverse dans l'induit et on obtient le mouvement de descente, si l'électro-aimant M revient, sous l'influence du ressort T, à la position de repos inclinée, tandis que l'électro-aimant D bascule vers la gauche (cas de la *fig. 71*).

Le mouvement de bascule des électro-aimants M et D s'opère par l'action d'un troisième électro-aimant fixe H muni de deux enroulements. Suivant qu'à l'aide d'un commutateur de manœuvre extérieur on lance le courant dans l'un ou l'autre des enroulements, la polarité de l'électro-aimant H change; les électro-aimants M et D, en série avec H, ont d'ailleurs une polarité constante et inverse l'un de l'autre; suivant que le courant est lancé dans l'un ou l'autre des enroulements de H, c'est donc M ou D qui est attiré et dont le levier vient communiquer avec le positif de la génératrice.

204. — Quand aucun des électro-aimants M et D n'est attiré par H, c'est-à-dire quand le courant n'est lancé dans aucun des enroulements de H, les deux leviers reviennent sur les négatifs B*n* et B'*n*; pour assurer le court-circuit et empêcher le rebondissement des leviers, des électro-aimants de court-circuit E*cc*, E'*cc* sont intercalés sur les conducteurs allant des balais de l'électromoteur aux leviers L*m* et L*d*; ces électro-aimants excités par le courant de court-circuit attirent et retiennent les armatures *a* et *a'* fixées aux leviers basculeurs.

205. — Dix bornes se trouvent à la partie supérieure du tableau. On y relie respectivement les conducteurs venant : du pôle négatif de la génératrice, de l'une des extrémités du rhéostat de démarrage, des extrémités de l'enroulement inducteur, des plots de montée et de descente du commutateur de manœuvre, des deux balais de l'induit, de la seconde extrémité du rhéostat de démarrage, du pôle positif de la génératrice.

206. Installation d'une commande par relais d'un treuil à munitions, système Bréguet, première disposition. — La figure 72 montre la disposition de la commande par relais, système Bréguet, telle qu'elle fut installée sur les premiers navires munis de treuils à munitions de cette maison (*Bouvet, Protet*). Les relais sont du premier modèle décrit (**196**), avec deux électro-aimants basculeurs M et D et un électro-aimant fixe H qui attire l'un ou l'autre, suivant qu'on excite l'un ou l'autre de ses enroulements. Les mêmes lettres indiquent les mêmes détails dans la présente figure et dans la figure 69; nous renvoyons donc à cette dernière et au texte qui l'accompagne. La figure actuelle schématique est complétée par l'induit I de l'électromoteur et par l'inducteur en dérivation E*f*. Comme dans une des commandes décrites précédemment (**120**), deux *commutateurs de manœuvre* A et A′ sont placés au poste de déchargement et dans la soute; chacun d'eux comprend un levier L pouvant occuper trois positions : position de *montée* sur les plots *m*, position de *descente* sur les plots *d*, position d'*arrêt* sur les plots *a ;* pour que le treuil se mette en marche pour la montée, par exemple, il faut que les commutateurs soient tous deux dans la position de *montée :* c'est celle représentée dans la figure ; le circuit de l'enroulement de gauche de l'électro-aimant H est alors fermé et cet électro-aimant fait basculer sur la gauche le relais M qui relie, par le levier L*m*, le balai *b* de l'induit au pôle négatif, tandis que le balai *b′* reste

relié au pôle positif. Les choses se passent de même pour la descente.

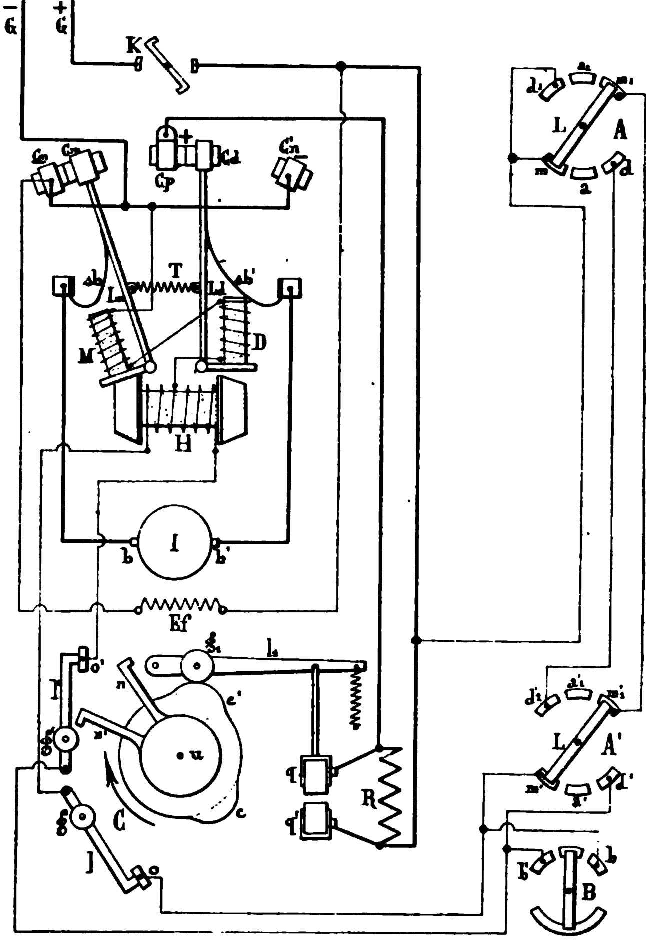


Fig. 72. — Treuil à munitions, système *Bréguet;* commande par relais, première disposition.

Lorsque les deux commutateurs A et A′ sont sur arrêt, ou l'un d'eux seulement, les deux balais communiquent avec le pôle négatif et l'induit est en court-circuit ; il n'y a pas d'électro-aimant de court-circuit.

207. — Un *commutateur de secours* B permet de manœuvrer même si les commutateurs A et A′ sont avariés; on place son levier sur *b* pour la montée et sur *b′* pour la descente.

208. — L'arrêt automatique est produit par la benne, lorsqu'on manœuvre avec les commutateurs A et A′, un taquet placé sur la benne ramenant les leviers des commutateurs dans la position d'arrêt lorsque la benne est arrivée à bout de course, ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment.

Lorsqu'on manœuvre avec le commutateur de secours, l'arrêt est provoqué par un *commutateur d'arrêt automatique,* faisant partie d'un *commutateur de démarrage et de ralentissement à bout de course,* analogue à celui que nous avons étudié plus haut (**118**). Ce commutateur, désigné par la lettre générale C, sur la figure, comprend un plateau *u* entraîné par un des arbres du treuil et portant des bras *n* et *n′* dont la position sur le disque peut être réglée au moyen de vis de serrage, non représentées ici. Deux cames *c* et *c′* solidaires du disque *u* sont entraînées dans le mouvement du treuil; lorsqu'elles arrivent devant un galet g_1, elles le soulèvent en entraînant un levier l_1, rompant ainsi la communication entre deux contacts en charbon *q* et *q′* reliés aux extrémités du rhéostat de démarrage R, intercalé sur l'un des conducteurs venant de la génératrice. Au moment du démarrage, la résistance est ainsi en circuit; la résistance est supprimée, lorsque, le treuil s'étant mis en marche, le disque *u* tourne dans le sens de la flèche (pour la *montée*), la came *c′* échappant au galet g_1; puis, un peu avant l'arrivée à bout de course en haut, la came *c* vient à son tour soulever le galet g_1 et rompre le court-circuit de la résistance R, provoquant ainsi le ralentissement. Bien entendu, un réglage de la position des cames est nécessaire. On voit qu'ici la mise en court-circuit de la résistance de démarrage se fait directement sans l'intermédiaire d'un relais.

209. — Les bras *n* et *n'* sont destinés à provoquer l'arrêt lorsque cet arrêt ne s'est pas produit par l'action de la benne sur les commutateurs de manœuvre A et A'. C'est d'ailleurs le seul moyen d'action automatique, si l'on manœuvre avec le commutateur de secours. A cet effet, les bras *n* et *n'* viennent appuyer, à bout de course, sur les galets *g* ou *g'* et, relevant l'un des leviers *l* ou *l'* en forme de marteaux, rompent la communication entre ce levier et le contact fixe *o* ou *o'*. Ainsi est créée une interruption sur le circuit de l'un des deux enroulements de l'électro-aimant H, celui précisément qui commandait le mouvement actuel; c'est ainsi que, dans la figure, si la benne n'arrête pas le mouvement en agissant sur le levier du commutateur A supérieur, le bras *n* viendra relever le levier *l* et rompre sa communication avec le contact *o;* le circuit de gauche de H sera rompu et le relais M redeviendra vertical.

210. Installation d'une commande par relais d'un treuil à munitions, système Bréguet, deuxième disposition. — Nous prendrons comme exemple la disposition employée à bord d'un certain nombre de grands navires (*Iéna*, *Henri-IV*) pour la manœuvre des monte-charges des grosses tourelles. La figure 73 représente schématiquement cette disposition.

Le tableau des relais, conforme au deuxième modèle (**199**), comprend les électro-aimants M et D qui, actionnés agissent sur les leviers L*m* ou L*d;* lorsque le levier L*m,* par exemple, bascule à gauche, il établit la communication du balai *b* de l'induit I avec le pôle négatif de la génératrice par B*n,* tandis que le balai *b'* reste relié au pôle positif par B'*p;* le treuil se met en mouvement pour la montée.

Lorsque les deux leviers L*m* et L*d* sont verticaux (aucun des électro-aimants M ou D excité) l'induit I est en court-circuit et ce court-circuit est assuré par l'électro-aimant E*cc.*

211. — Le *commutateur de démarrage et de ralentisse-*

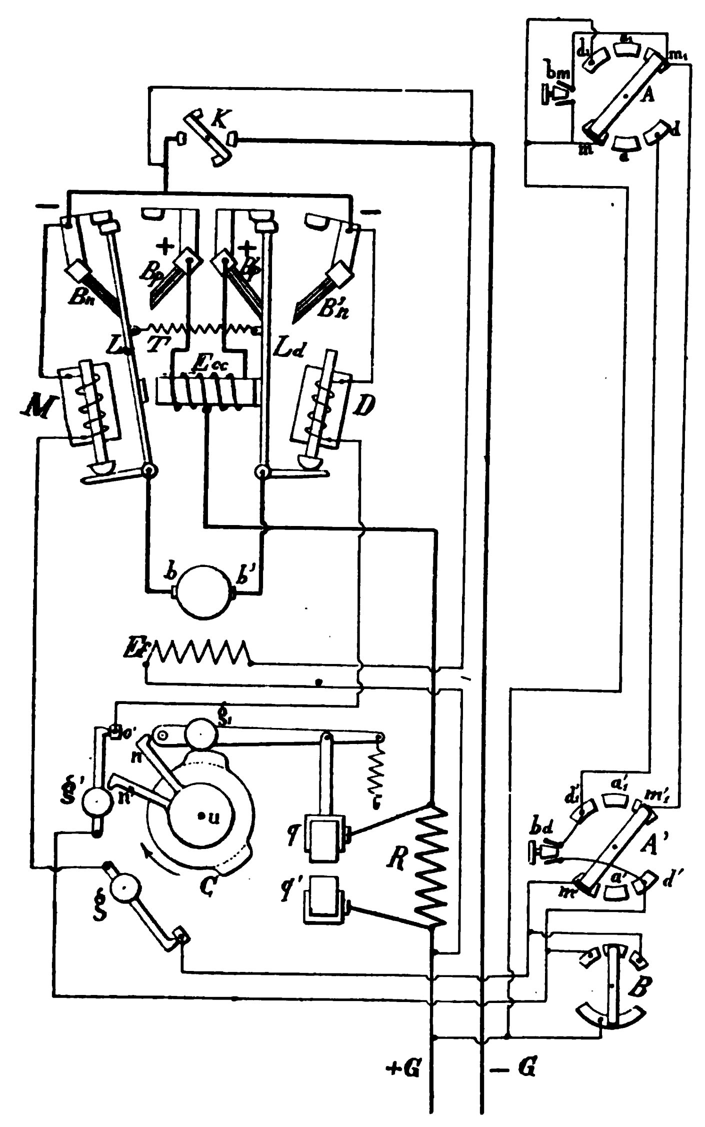


Fig. 73. — Treuil à munitions, système *Bréguet;* commande par relais, deuxième disposition.

ment à bout de course C est semblable à celui que nous avons décrit précédemment et les *arrêts automatiques* à bout de course fonctionnent de la même manière lorsqu'il est nécessaire (**208**); nous n'y reviendrons pas.

Le *commutateur de secours* B ne présente rien de particulier le distinguant de celui dont nous avons parlé dans la disposition précédente.

212. — Les *commutateurs de manœuvre* A et A′ ou *manipulateurs;* placés aux postes haut et bas, commandent les électro-aimants M et D; les deux manipulateurs doivent être tous les deux sur montée ou sur descente pour que l'un des électros M ou D soit actionné et que le moteur électrique puisse se mettre en marche. Les manipulateurs sont munis de *boutons complémentaires bm* et *bd*.

Le levier du manipulateur A est sollicité, par deux ressorts antagonistes, à toujours occuper la position d'arrêt $a\,a_1$. Lorsqu'on veut faire monter la benne et qu'on place à cet effet le levier *l* du manipulateur A (*fig. 74*) sur la position de montée, il y est immobilisé par un arc *s* supporté par une tige *t*. La benne comprend cinq compartiments, le supérieur B_1 pour le projectile et les autres B_2, B_3, B_4 et B_5, pour les quatre quarts de gargousse; elle est formée de deux parties articulées, pour rendre plus aisé son parcours vertical incliné, destiné à l'amener sur le côté extérieur de la pièce.

Lorsque la benne arrive à bout de course, un petit secteur *x* muni d'un doigt *y* fait rentrer un verrou *v* biseauté et à ressort, qui fait de nouveau saillie lorsque la benne est à bloc et la maintient dans cette position de déchargement. A ce moment, le *taquet d'arrêt u* abaisse la tige *t* et l'arc *s;* le levier *l* libéré revient à la position d'arrêt, sollicité par son ressort.

213. — Au poste inférieur, se trouve un chargeur fixe dont les cases, disposées comme celles de la benne, se trouvent exactement en regard de celles-ci lorsque la benne est

à bout de course en bas. Les munitions sont préparées à l'avance dans le chargeur. Pour empêcher tout accident, des grilles g_1 à g_5 (*fig.* 75) manœuvrées par la tige C ferment

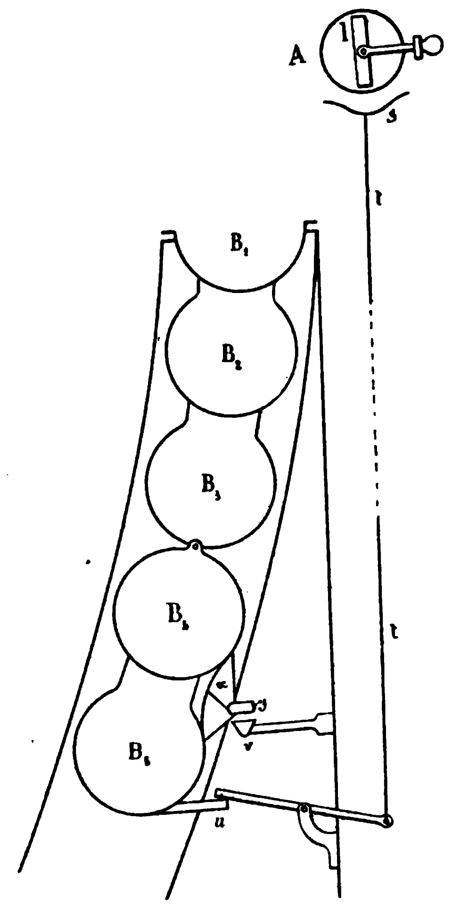


Fig. 74. — Monte-charges des tourelles de 305 de l'*Iéna;* arrêt automatique à la montée.

les orifices des compartiments du chargeur tant que la benne n'est pas rendue à son poste de chargement; c'est le contrepoids P qui maintient les grilles en place. Lorsque

la benne descend et arrive à son poste inférieur, elle appuie sur la butée D, ce qui relève le contrepoids P et la tige C et fait effacer les grilles. En même temps, le taquet d'arrêt placé sur la benne attaque le levier *m* qui, par l'intermé-

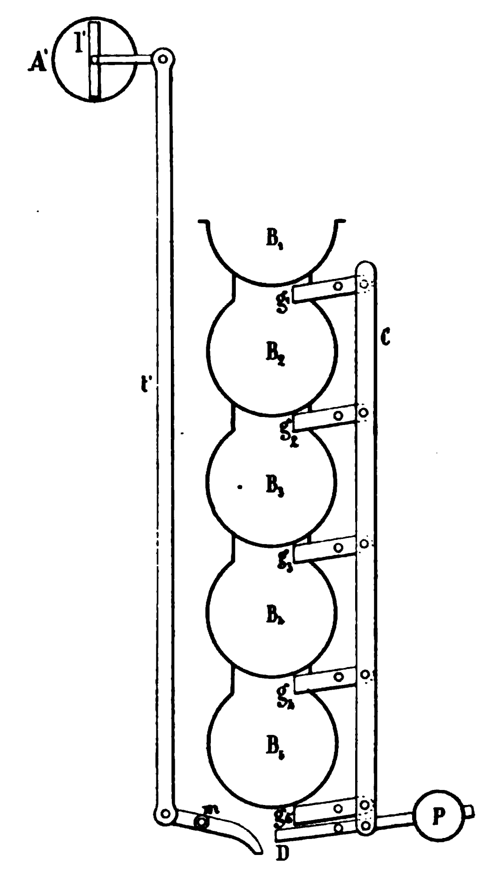


Fig. 75. — Monte-charges des tourelles de 305 de l'*Iéna;* arrêt automatique à la descente, grilles de chargement.

diaire de la tige *t'*, ramène le levier *l'* du commutateur de manœuvre inférieur A' dans la position d'arrêt. On ne peut plus alors remettre le levier *l'* sur la position de *descente;* mais on peut le placer sur celle de *montée.*

On peut monter soit une charge complète, gargousses et projectile, soit les gargousses seules; à chaque charge correspond un régime de vitesse différent qu'on obtient par la substitution d'un pignon à un autre, dans les transmissions du treuil à engrenages.

214. — Voici quelques données de fonctionnement pour quatre de ces monte-charges, à charge complète.

		I.	II.	III.	IV.
Intensité en ampères	démarrage	185	190	235	240
	en route	162	162	165	165
Différence de potentiel en volts à la dynamo	avant démarrage	85	85	85	85
	démarrage	79,5	79	76,5	76,5
	en route	83,5	84	84	84,5

215. Installation d'une commande par relais d'un treuil à munitions, système Bréguet, troisième disposition. — La troisième disposition, représentée schématiquement par la figure 76, est celle des monte-charges des tourelles de 194 de la *Démocratie*.

Le modèle des relais est le troisième étudié précédemment (**203**); il comprend deux électro-aimants basculeurs M et D toujours excités de la même manière et un troisième fixe H qui attire M ou D, suivant qu'on lance le courant dans l'un ou dans l'autre de ses enroulements, en agissant sur les commutateurs de manœuvre A et A′, ou sur le commutateur de secours B.

Nous avons trop de fois déjà expliqué le fonctionnement de dispositifs analogues pour y revenir encore. Nous nous contenterons donc ici de signaler les particularités.

216. — En premier lieu, le commutateur de démarrage et de ralentissement à bout de course C agit d'une manière

entièrement différente des précédents pour mettre en court-circuit la résistance de démarrage. On retrouve ici l'emploi

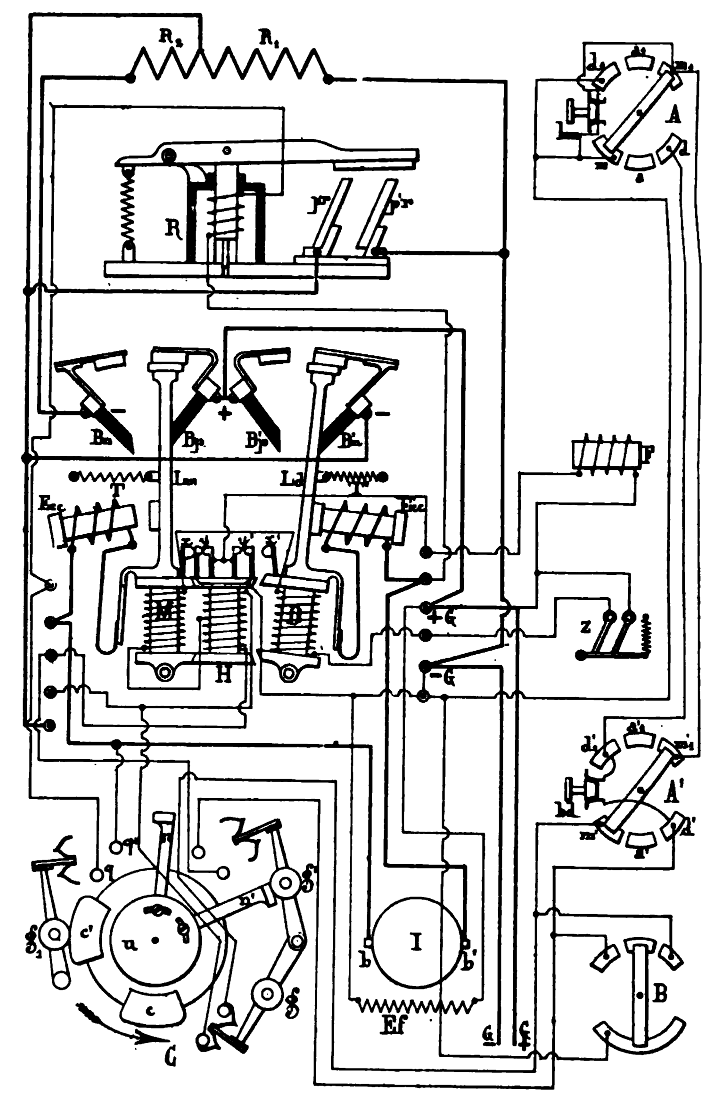


Fig. 76. — Treuil à munitions, système *Bréguet*, troisième disposition; schéma de la commande par relais.

d'un relais intermédiaire, comme dans les appareils de la maison *Sautter et Harlé,* étudiés auparavant. Ce relais R estd'ailleurs de forme assez semblable aux relais que nous avons décrits autrefois (**102**). On voit sur la figure que, si le levier qui porte le noyau de fer mobile est abaissé, les contacts *pr* et *p'r* sont mis en communication, plaçant ainsi en court-circuit la portion R_1 du rhéostat de démarrage. Le relais R est excité quand les contacts *q q'* du commutateur de démarrage C sont réunis parce que la came *c'* abandonne le galet g_1 ; le circuit de R est dérivé d'ailleurs aux balais de l'induit I, cette disposition entraînant la sécurité maintes fois indiquée.

217. — Ainsi qu'on le voit sur la figure, les contacts négatifs B*n* et B'*n* ne sont pas reliés directement, comme dans les dispositions précédentes; ils ne communiquent que par l'intermédiaire de la portion R_2 du rhéostat de démarrage. Lorsque aucun des électro-aimants M et D n'est excité et que les leviers L*m* et L*d* rappelés par leurs ressorts antagonistes T et T' sont appliqués sur B*n* et B'*n*, les balais *b* et *b'* du moteur sont réunis non pas en court-circuit absolu, mais avec intercalation de la résistance R_2, ce qui atténue la brutalité de l'arrêt du moteur.

218. — A la descente, au démarrage, toute la résistance $R_2 + R_1$ est en circuit; la portion R_1 est supprimée par le commutateur C entre les positions de la benne correspondant à l'actionnement du galet g_1 par les cames *c* et *c'*. A la montée, au démarrage, la résistance R_1 seule est en circuit; elle est supprimée entre les mêmes positions de la benne, par le fonctionnement du commutateur C.

219. — On a représenté en F un électro-aimant en dérivation actionnant un frein électro-magnétique. Le treuil, en effet, est du type blindé à *vis réversible* et un frein est nécessaire. Le frein est appliqué lorsque l'électro-aimant F

n'est pas excité; le mouvement est libéré par l'excitation de F. On voit d'ailleurs que l'une des extrémités de l'enroulement de F est reliée en permanence au pôle positif + G de la génératrice, tandis que l'autre extrémité n'est reliée au pôle négatif — G que lorsque l'un ou l'autre des électro-aimants M ou D est attiré par H. A ce moment, en effet, un petit bras x porté par l'électro M, par exemple, vient appuyer sur des contacts élastiques y et les mettre en communication; or ces contacts y sont reliés l'un à l'extrémité de l'enroulement de F, l'autre au pôle négatif — G.

220. — Enfin, signalons, sur le circuit des électro-aimants M et D, un interrupteur à ressort Z. Lorsqu'on manœuvre électriquement, l'interrupteur Z est fermé; au contraire, l'embrayage pour la manœuvre à bras coupe automatiquement en Z le circuit des électro-aimants M et D, empêchant la manœuvre électrique d'être exécutée en même temps que la manœuvre à bras. C'est là une sécurité que nous avons signalée plusieurs fois.

221. — Les treuils pour les monte-charges des tourelles de 194 de la *Démocratie* sont établis en vue de fonctionner sous 114 volts, en prenant environ 70 ampères (induit, excitation et appareils de manœuvre).

La benne simple chargée pèse 540 kilogr. La vitesse, entre les positions de ralentissement, sera de 76 cm par seconde.

A bras, on peut atteindre avec quatre hommes une vitesse de 58 cm par seconde.

III. — *Treuils à munitions Couffinhal.*

222. Disposition générale. — Les treuils à munitions *Couffinhal,* depuis quelques années seulement en service dans la marine, sont le plus ordinairement du type blindé à vis globique, avec *vis réversible* (*Gloire, Condé,* etc.).

La figure 77 représente une vue d'ensemble de treuils à munitions sous divers aspects et la figure 78 est une coupe verticale par l'axe du moteur électrique.

Le tambour d'enroulement du garant de la benne est

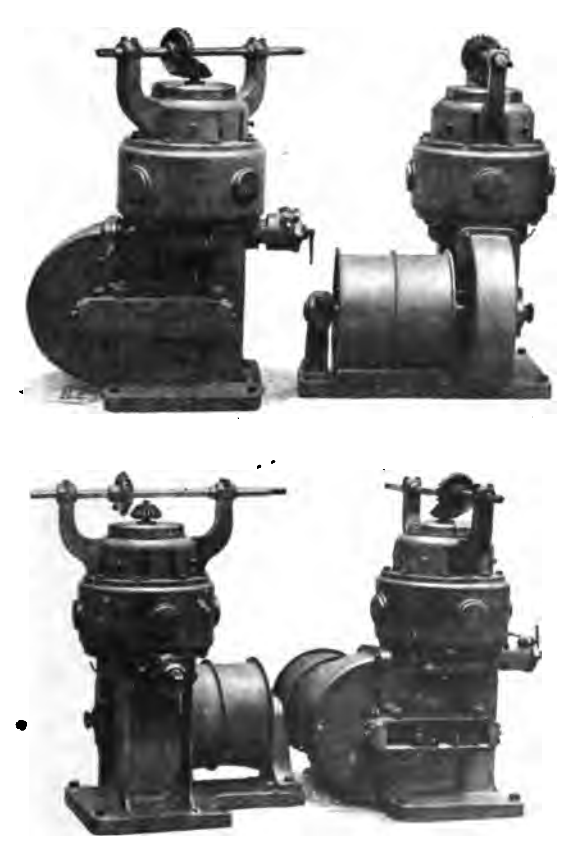


Fig. 77. — Treuils électriques à munitions, système *Couffinhal*, vus sous divers aspects.

claveté sur l'axe A d'une roue striée S ; cette dernière est entraînée par une vis globique réversible V dont l'axe B est solidaire de l'induit I d'un électromoteur ; l'inducteur en dérivation de cet électromoteur est en E.

La manœuvre à bras se fait en entraînant au moyen de

manivelles M l'arbre D et, par l'intermédiaire des pignons P et P′, l'arbre B de l'induit.

En F est représenté l'électro-aimant du frein électro-

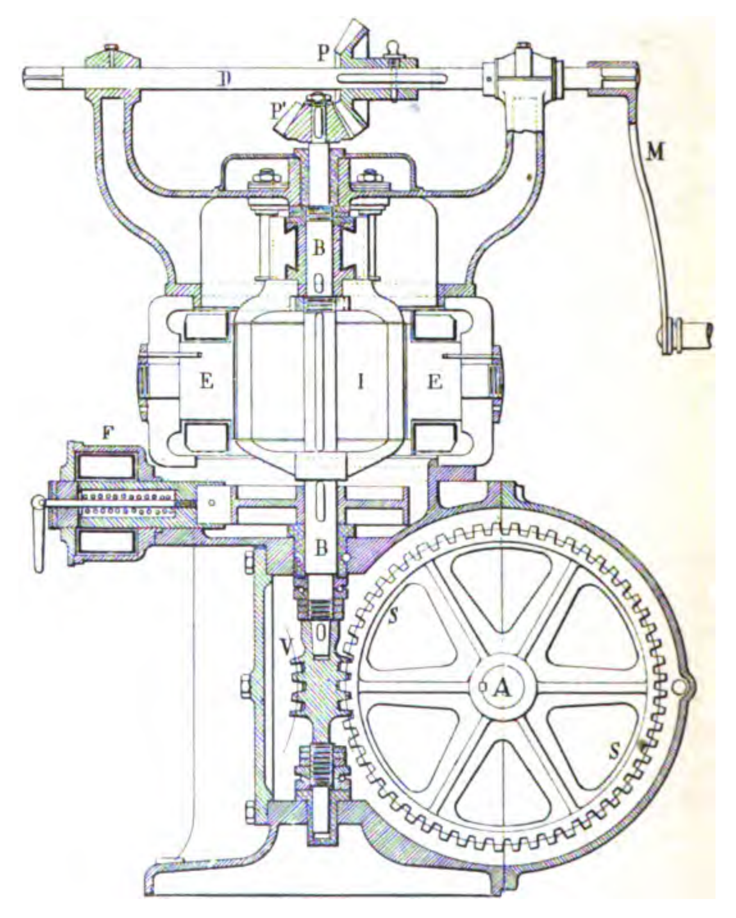


Fig. 78. — Treuil électrique à munitions *Couffinhal;* coupe verticale par l'axe.

magnétique nécessité par la réversibilité de la vis. On ne voit pas, sur la figure, le commutateur provoquant l'*arrêt de sécurité* en cas de non-fonctionnement de l'arrêt automatique par la benne elle-même.

La commande se fait au moyen de relais, suivant la disposition de MM. Sautter, Harlé, Savatier et de Lagabbe (**116**).

223. — Le commutateur provoquant les arrêts de sécurité et dont nous venons de parler est ici particulier. Nous donnons, dans la figure 79, une idée de l'agencement de ce commutateur.

Une vis *v* est mise en mouvement par le treuil; un écrou *e* se déplace alors et vient à droite, ou à gauche, lorsque la benne est à bout de course, buter contre un levier *l* ou *l'*

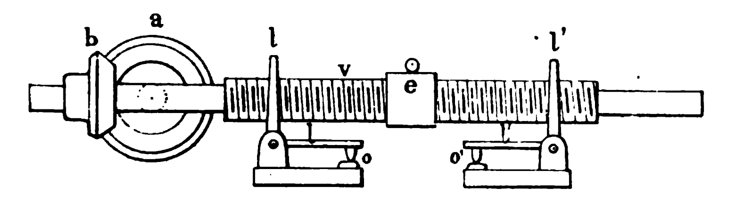


Fig. 79. — Disposition schématique du commutateur d'arrêt de sécurité dans les treuils à munitions, système *Couffinhal.*

qui bascule et rompt alors un contact intercalé sur le circuit du relais de montée ou du relais de descente, provoquant l'arrêt du moteur électrique.

224. — Nous donnons ci-après quelques-unes des caractéristiques de fonctionnement pour des treuils à double benne, l'une montant, l'autre descendant, et pour des treuils à simple benne.

TABLEAU.

TREUIL.		POIDS DE LA BENNE		TRACTION SUR LE TAMBOUR.			MOUVEMENT	COURSE.	DURÉE.	DIFFÉRENCE	INTENSITÉ
Nature.	Poids.	montante.	descendante.	Benne montante.	Benne descendante.	Totale.	exécuté.			de potentiel.	du courant
	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.		Mètres.	Secondes.	Volts.	Ampères.
Treuil à bennes conjuguées. .	625	436	146	593	112	481	Montée.	12,50	19,2	80	52
		436	146	570	108	462	Descente.		19,85	80	52
		436	»	590	»	590	1 seule benne.		19,44	80	62
Treuil à bennes conjuguées. .	627	436	146	550	116	434	Montée.	10	9,48	80	78
		436	146	550	116	434	Descente.		9,8	80	80
		436	»	550	»	550	1 seule benne.		9,76	80	100
Treuil à benne simple. . . .	573	290	»	340	»	340	Montée.	15	14,66	80	70
		»	290	»	340	340	Descente.		13,3	80	15
Treuil à benne simple. . . .	573	290	»	380	»	380	Montée.	12	20,6	80	42
		»	290	»	380	380	Descente.		19,06	80	7

IV. — *Commande des treuils à munitions par le système du déclenchement.*

225. Justification de l'emploi du système de déclenchement. — La commande par relais des treuils à munitions permet d'obtenir une grande précision de manœuvre, l'arrêt de la benne à bout de course étant produit automatiquement par l'action de cette benne sur les commutateurs commandant les relais de mise en marche. La position d'arrêt est ainsi indépendante de l'allongement du câble supportant la benne et de la manière dont ce câble est enroulé sur son tambour; le réglage une fois réalisé se maintient.

Mais la précision et la permanence dans les positions d'arrêt de la benne ne sont pas toujours nécessaires; on peut souvent se contenter de positions d'arrêt approximatives. C'est ainsi, par exemple, que lorsque la benne monte des *caisses* de cartouches pour les canons de petit calibre, il suffit qu'on puisse sans difficulté déposer à la main les caisses sur la plate-forme de la benne, dans la soute, et les retirer en haut, et les positions d'arrêt de la benne peuvent alors varier de plusieurs centimètres sans aucun inconvénient.

Bien que le système des relais ne soit pas compliqué d'une manière absolue, néanmoins l'installation des treuils gagnerait en simplicité si on la débarrassait de ces intermédiaires. Aussi est-il rationnel, dans le cas indiqué, où la précision de manœuvre n'est pas nécessaire, d'adopter une disposition où l'arrêt de la benne soit obtenu automatiquement, directement sous l'influence du mouvement du treuil lui-même; c'est ainsi d'ailleurs que, dans le système des relais, on obtient déjà la mise en vitesse après le démarrage et le ralentissement avant l'arrêt à bout de course. Nous allons succinctement rappeler la disposition utilisée autrefois dans un grand nombre de treuils, sous le nom de *système du déclenchement.* Aujourd'hui encore, il y aurait lieu, dans beau-

coup de cas, de ne pas dédaigner cette installation fort simple, ou une autre équivalente.

226. Description de la commande des treuils à munitions, système du déclenchement. — L'appareil que nous décrivons ici est l'un des premiers qui fut employé. Plusieurs modifications de forme ont été introduites pour les modèles encore en service : nous en indiquerons quelques-unes.

Sur le bâti du treuil électrique est une plaque en ardoise portant le *commutateur de manœuvre* Cm et un interrupteur de sécurité Cs (*fig. 80 et 82*).

Ce commutateur de manœuvre est un inverseur de courant combiné à un rhéostat. Un levier L mobile autour de l'axe O porte deux frotteurs en charbon *f* et *f'* isolés du corps du levier. Des lames circulaires en laiton EE, E'E' communiquent avec les bornes A et A' réunies par les conducteurs C' aux balais de l'électromoteur, qui est toujours, comme précédemment, excité en dérivation ; les deux parties désignées par la même lettre sont d'ailleurs en communication et l'ensemble de ces deux parties joue le même rôle qu'une bande hémicylindrique continue, la raison d'économie seule ayant fait supprimer la portion remplacée par un fil de communication représenté en pointillé.

Une série de plots MD, communiquant avec les diverses sections d'un rhéostat ou avec une des bornes G auxquelles aboutissent les conducteurs C venant de la génératrice et les conducteurs *c* allant à l'inducteur en dérivation, et une lame U circulaire en communication avec l'autre borne G', permettent pour les diverses positions du levier L de faire communiquer l'induit de l'électromoteur avec la génératrice, en introduisant dans le circuit une résistance variable.

La figure 82 représente schématiquement les connexions entre le commutateur de manœuvre C*m*, la génératrice G, l'induit I et l'inducteur K de l'électromoteur, le rhéostat R, l'interrupteur général C, l'interrupteur de sécurité C*s*.

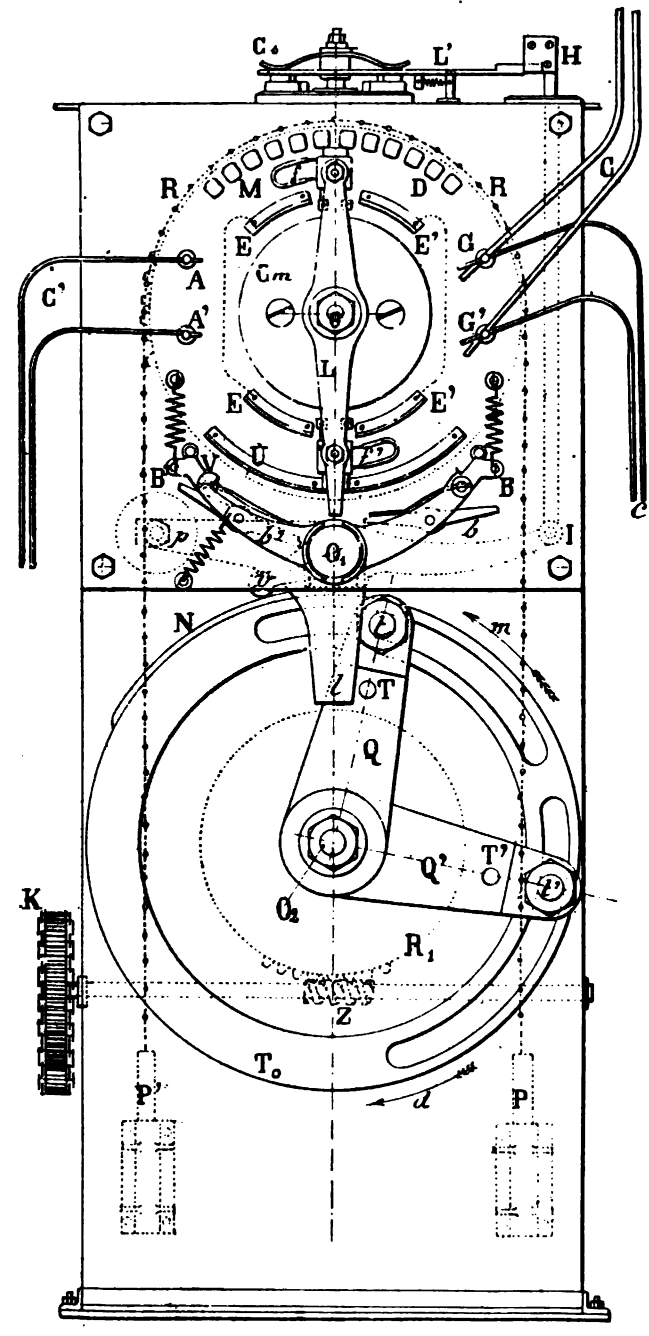


Fig. 80. — Treuil électrique à déclenchement; commutateur de manœuvre et plateau de déclenchement.

227. — La partie supérieure du levier L (*fig.* 80) doit être poussée du côté de M pour la *montée* et du côté de D pour la *descente*.

Pour les positions extrêmes du levier à droite ou à gauche, toute résistance est retirée du circuit de l'induit. Dans ces positions, le talon du levier L vient en prise avec les évidements de deux leviers enclencheurs B et B′ mobiles autour

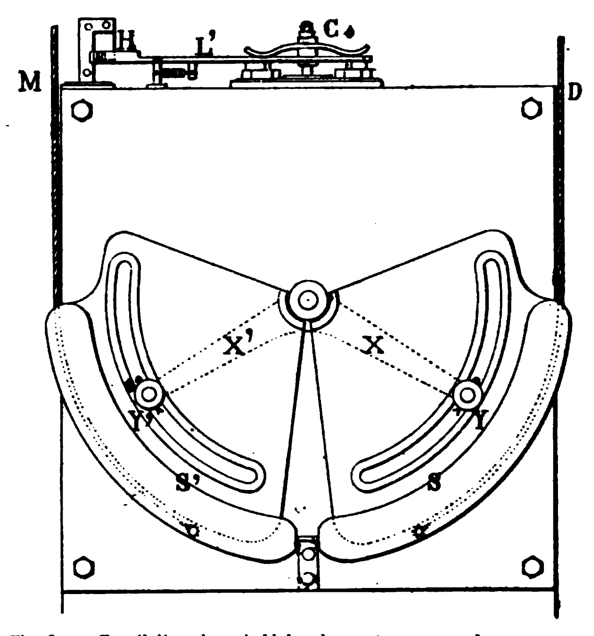


Fig. 81. — Treuil électrique à déclenchement; secteurs de manœuvre.

de l'axe O_1. Le commutateur reste ainsi dans la position de montée ou de descente à grande vitesse.

D'autre part, sur l'axe O du levier L est clavetée une roue dentée R sur laquelle passe une chaîne Galle; celle-ci porte à chacune de ses extrémités un contrepoids P ou P′. Quand le levier L est dans la position de repos ou d'arrêt pour le moteur, qui est ici verticale, ces contrepoids reposent sur le fond de leur logement-guide; quand, au contraire, on dé-

place le levier L à droite ou à gauche, l'un des contrepoids se trouve soulevé, tandis que l'autre demeure appuyé sur ses cales. Si l'on vient alors à libérer le levier L, le premier contrepoids tend à le ramener dans la position de repos verticale.

Dans cette position de repos, le commutateur rompt d'ailleurs le courant dans l'induit du moteur et met ce dernier en court-circuit pour l'arrêt brusque.

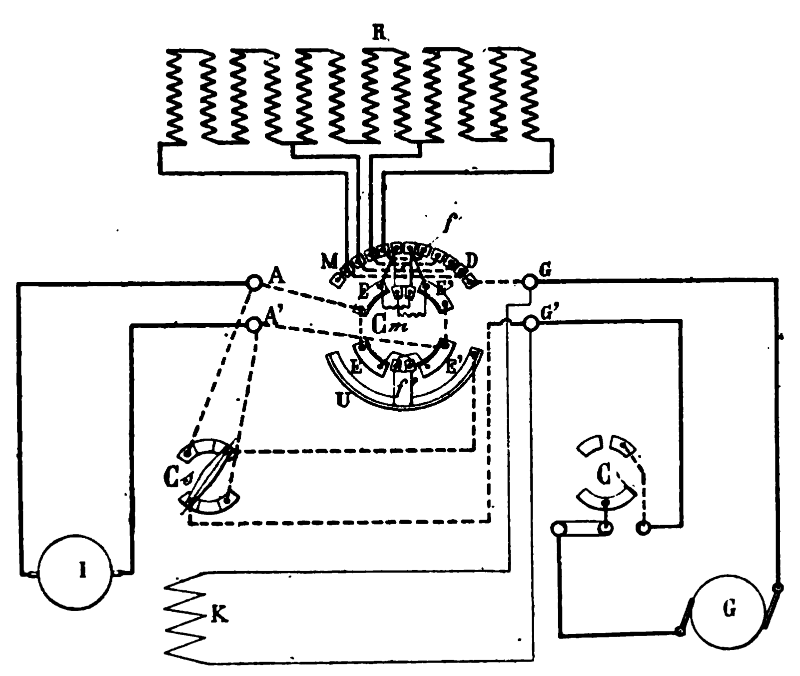


Fig. 82. — Treuil électrique à déclenchement ; schéma des connexions.

Le levier de manœuvre L peut être actionné *de la soute seulement pour la montée* et *de la batterie seulement pour la descente,* au moyen d'un dispositif représenté par la figure 81.

Sur l'axe O du levier de manœuvre sont montés et clavetés deux bras X et X' portant aux extrémités des doigts Y

et Y'. Ces bras sont mis en mouvement à l'aide de deux secteurs S et S' montés fous sur l'axe O et recevant les extrémités des tirettes de manœuvre M et D; la tirette M, pour la montée, aboutit dans la soute et la tirette D, pour la descente, se rend dans la batterie.

Les glissières, visibles sur les secteurs S et S', permettent de limiter le mouvement angulaire donné au levier de manœuvre L. Dans le modèle que nous décrivons ici, ce système de commande est placé derrière le commutateur de manœuvre.

228. — Voici maintenant le mécanisme du déclenchement automatique du levier L du commutateur de manœuvre (*fig. 80*).

L'axe du tambour d'enroulement du câble sur le treuil porte, en outre de sa roue dentée de commande, un pignon qui entraîne par une chaîne Galle un autre pignon K monté sur l'axe d'une vis sans fin Z. Celle-ci actionne une roue striée R_1 et un tourteau T_0 clavetés sur le même arbre O_2. Sur ce tourteau se trouvent deux bras mobiles Q et Q' munis des tocs T et T' que l'on peut déplacer à volonté selon la course de montée des munitions et maintenir dans la position choisie grâce aux écrous *t* et *t'*. Les tocs T ou T' peuvent d'ailleurs, par suite de la rotation du tourteau T_0, venir buter contre l'extrémité *l* d'un levier *lp*I à trois branches et à contrepoids *p* goupillé sur l'axe O_1 autour duquel se meuvent les leviers enclencheurs B et B'. D'ailleurs, des ergots portés par ces derniers sont disposés de telle sorte que lorsque la partie *l* du levier à trois branches est poussée sur la gauche, le levier enclencheur B est entraîné et son extrémité s'abaisse; si *l* est poussée sur la droite, c'est le levier enclencheur B' qui est entraîné et dont l'extrémité s'abaisse.

Supposons maintenant qu'on ait manœuvré le commutateur pour la montée, en tirant de la soute la tirette de montée M. Le levier de manœuvre L a tourné de manière que le frotteur *f* soit à gauche en haut et que le talon soit en

prise avec le levier enclencheur de droite B. L'électromoteur tournant dans le sens de la montée communique au tourteau T_0 un mouvement dans le sens de la flèche *m*.

Lorsque le tambour d'enroulement du câble du treuil a décrit une certaine course, le toc T vient appuyer sur le bras *l* du levier *lp*I et le pousse vers la gauche; le levier enclencheur B s'abaisse et le levier de manœuvre L, libéré, est ramené par le contrepoids P à sa position de repos verticale, ce qui provoque l'arrêt du moteur.

En même temps, un levier-butoir *b*, articulé sur B, fait saillie et empêche de ramener le levier de manœuvre dans la position qu'il vient de quitter.

Si, pour une cause quelconque, le levier L ne revenait pas à la position d'arrêt, le mouvement du treuil continuerait et le levier *l* serait de plus en plus poussé vers la gauche; son bras O_1I en descendant entraînerait la plaque d'enclenchement H. Or, en fonctionnement normal, cette plaque maintient le levier L' de l'interrupteur de sécurité C*s*, malgré un ressort antagoniste, dans une position telle que le circuit de l'induit est fermé. Lorsque H est abaissée, le levier L', rappelé par son ressort, ouvre le circuit de l'induit et en même temps met ce dernier en court-circuit, ce qui provoque l'arrêt rapide (*fig*. 82).

Les choses se passent de même lors de la descente; c'est ici le levier enclencheur B' qui maintient L dans la position de marche. Le tourteau T_0 tournant dans le sens de la flèche *d*, c'est le toc T' qui vient pousser le levier *l* vers la droite et déclencher le levier L. En cas de non-fonctionnement, la plaque H monterait et le levier L' de l'interrupteur de sécurité serait encore libéré.

229. — Comme on le voit, le déclenchement du commutateur de manœuvre et l'arrêt du moteur s'opèrent pour un certain point de la course du tambour d'enroulement du treuil; en raison de l'allongement du câble et des modifications que les réparations peuvent aussi faire subir à sa lon-

gueur, une même position de la borne ne correspond pas toujours à une même position du tambour d'enroulement du câble. Par conséquent, si l'on a réglé la position des bras Q et Q' (*fig. 80*) de manière que la benne s'arrête exactement à une position déterminée, ce réglage ne peut se conserver et doit être fréquemment modifié. D'ailleurs, l'influence des variations de différence de potentiel de la génératrice se fait sentir ici. On peut corriger la manœuvre automatique de la manière suivante :

Deux verrous sont placés en un point de la partie haute des guides de la benne, de telle sorte que celle-ci en montant les fasse rentrer et puisse continuer son mouvement ascendant, mais qu'ensuite sa descente soit arrêtée par les verrous ; lorsque la benne repose sur les verrous, le porte-charge se trouve alors à la hauteur exacte pour laquelle la décharge est facile.

On dispose le toc d'arrêt correspondant à la montée de manière que l'arrêt de la benne se fasse un peu au-dessus de la position d'appui sur les verrous ; on la fait alors redescendre *à petite vitesse* jusqu'à ce qu'elle repose sur ces verrous.

Pour réaliser sûrement cette petite vitesse à la main, sans avoir besoin de repères pour la manœuvre des câbles de commande, on a disposé sur le commutateur de manœuvre (*fig. 80*) un levier à deux branches V*v*, mobile autour d'un axe concentrique à O_1. La branche *v* située derrière le plateau du commutateur appuie son extrémité arrondie sur la came excentrée N du tourteau T_0. Tant que *v* appuie sur N, la branche V, terminée par un bec en saillie et placée en avant du commutateur, se trouve relevée ; elle s'oppose ainsi à l'enclenchement définitif du levier L *pour la descente à grande vitesse,* tout en permettant la mise en marche pour la descente avec introduction d'une partie de la résistance, c'est-à-dire à petite vitesse. Tant qu'il en est ainsi, le levier L revient à la position de repos dès qu'on abandonne la tirette D et le secteur S' (*fig. 81*); on peut

donc alors provoquer un mouvement de descente lent et l'arrêter à volonté par la manœuvre de la tirette D.

Pour la descente normale, il faudra maintenir le secteur S' relevé en tirant sur D d'une façon continue, jusqu'à ce que le levier *v* ait dépassé la came excentrée N. Alors seulement la tirette D pourra être tirée à bloc et le levier L enclenché pour la descente à grande vitesse.

230. Modifications apportées au système du déclenchement. — Les dispositifs que nous venons de décrire appartiennent au modèle le plus ancien de treuil électrique à déclenchement. Les modèles les plus récents ont subi quelques modifications. Sans y insister, nous signalerons d'abord quelques changements sans grande importance dans la disposition des organes de manœuvre. C'est ainsi que la roue striée et la vis sans fin qui la commande ont été placées non plus au-dessous du commutateur de manœuvre, mais sur le côté; les secteurs permettant d'agir sur le levier de manœuvre à l'aide des tirettes sont placés devant le commutateur qu'ils masquent en grande partie. Les divers leviers d'enclenchement ou les butoirs ont actuellement des formes un peu différentes de celles représentées par la figure 80, leur action restant d'ailleurs la même. L'ensemble est plus compact, moins volumineux.

Une modification plus importante consiste en la suppression des contrepoids destinés à ramener le levier de manœuvre dans la position d'arrêt et leur remplacement par un ressort-spirale logé dans une boîte entourant l'axe de ce levier.

§ 3. — Escarbilleurs.

231. Généralités. — Les escarbilleurs sont des appareils de levage dont les circonstances de fonctionnement sont fort ordinaires et à qui, par suite, il est inutile d'imposer une manœuvre automatique et précise que presque toujours

on est conduit à exiger des treuils à munitions. Pourvu que l'escarbilleur soit robuste et bien conditionné, qu'il puisse facilement monter la charge d'escarbilles pour laquelle il est établi, peu importent sa forme et la manière dont il est manœuvré. Il faut remarquer que la manœuvre se fait du poste supérieur, que l'homme qui en est chargé peut donc suivre le seau à escarbilles arrivant à lui et l'arrêter à volonté en tel point qu'il désire, le remettre en marche, s'il juge que la position atteinte n'est pas convenable. En un mot, la manœuvre se fait ici *à vue,* comme dans les appareils de levage ordinairement employés dans l'industrie à terre ; il n'est donc pas nécessaire de faire intervenir aucune complication automatique.

Au surplus, comme les escarbilleurs fonctionnent nécessairement au voisinage des chaufferies, que, par suite, la canalisation de la vapeur jusqu'à ces appareils n'entraînerait pas les inconvénients principaux que nous avons signalés, on ne voit pas bien la raison de la substitution des escarbilleurs électriques aux anciens escarbilleurs à vapeur qui étaient moins pesants pour la même puissance et surtout moins coûteux.

Un très grand nombre de modèles d'appareils ont été mis en service à bord des navires de guerre, en raison même du peu de conditions imposées. Nous nous contenterons de donner des indications sur deux de ces modèles, choisis comme types et dans lesquels le mode de commande de la manœuvre est différent.

232. Escarbilleur commandé par un commutateur ordinaire. — La figure 83 représente, dans ses grandes lignes, un treuil escarbilleur du modèle installé sur plusieurs navires par la maison Sautter et Harlé. Le tambour d'enroulement du câble T est claveté sur l'arbre D. Sur cet arbre on peut adapter une manivelle M pour la *manœuvre à bras*. D'autre part, l'arbre D porte une roue dentée C avec laquelle on peut embrayer un pignon B claveté

sur l'arbre A de l'induit I de l'électromoteur, si l'on veut manœuvrer électriquement. Le moteur électrique est d'ailleurs de la forme ordinaire : induit Gramme, un seul électro-aimant inducteur avec masses polaires en mâchoires, excitation compound.

L'embrayage se fait au moyen du levier L qui permet de faire tourner l'arbre *a* portant un excentrique *e* auquel est

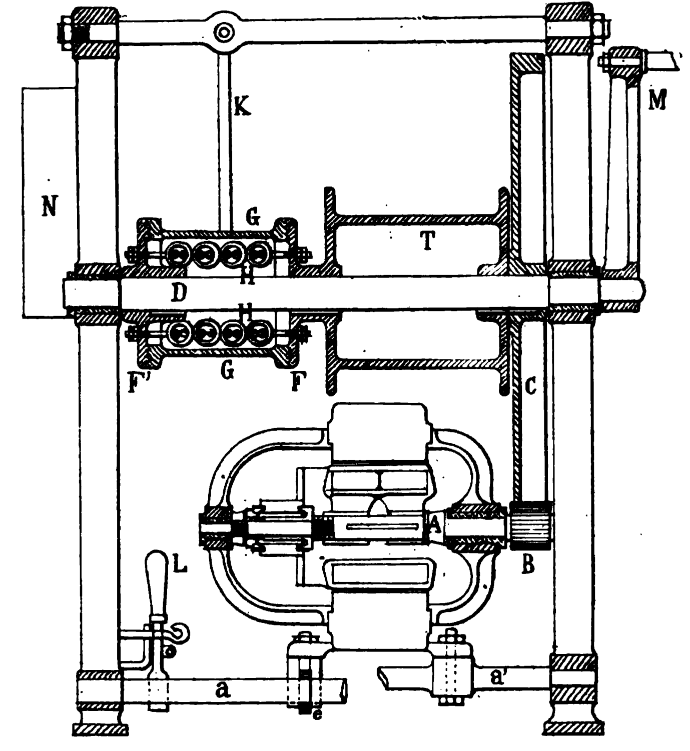


Fig. 83. — Treuil électrique escarbilleur à engrenages ; disposition.

reliée la partie antérieure du moteur ; on relève ainsi ou on abaisse cette partie antérieure, tandis que la partie postérieure tourne autour de l'axe *a'*.

233. — Un frein automatique accompagne cet escarbil-

leur. Il est constitué par une pièce cylindrique en fonte G présentant aux extrémités des faces striées ; deux disques F et F′ sont, d'autre part, clavetés sur l'arbre D, mais le disque F et le tambour T solidaires, ainsi que le disque F′, ont un jeu d'entraînement de 120°. Les deux disques sont réunis par trois chaînes H dont on peut régler la tension au moyen d'écrous portés par les faces extérieures.

A la montée, les deux disques sont entraînés facilement, sans torsion des chaînes, et il en est de même si on provoque la descente régulièrement par la manivelle ou par le moteur électrique ; mais si, après qu'on a monté la charge, un dévirage *brusque* se produit, sous l'effort du seau à escarbilles tombant, le disque F est d'abord entraîné par le tambour T dont il est entièrement solidaire; grâce à son jeu de 120°, le disque F′ est en retard et ce retard occasionne une torsion des chaînes, d'où un frottement des disques sur l'extrémité du cylindre G. Ce frein, dont le principe est le même que celui du frein à tringles que nous avons décrit plus haut (**91**), suffit à empêcher tout accident.

234. — En N on a représenté un commutateur d'arrêt automatique dont le fonctionnement est identique à celui des commutateurs d'arrêt accompagnant, pour les treuils à munitions, les commutateurs de ralentissement (**118**). Un plateau circulaire *u* porte deux bras *n* et *n′*; ce disque est entraîné par le mouvement de l'axe D du treuil, à l'aide d'une transmission par les pignons et roues dentées *p, q, r*. Les bras *n* et *n′* viennent à bout de course rompre le circuit d'un relais-interrupteur du courant dans l'induit et provoquer la mise en court-circuit de cet induit, ainsi que nous allons le voir.

235. — La figure 84 représente schématiquement les connexions entre les divers appareils électriques.

La mise en marche dans un sens ou dans l'autre se fait au moyen du commutateur-inverseur C*m* combiné à un rhéostat analogue à celui que nous avons décrit pour les

treuils à déclenchement (226). Il comprend deux secteurs

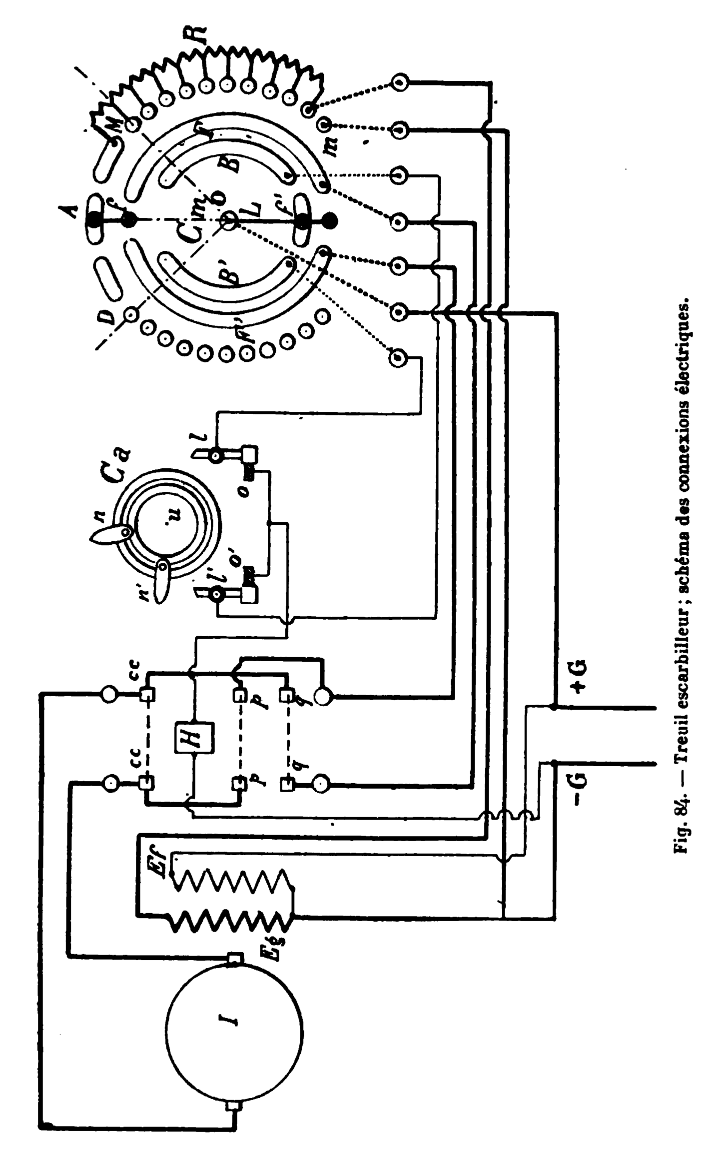


Fig. 84. — Treuil escarbilleur ; schéma des connexions électriques.

de contact F et F′ en relation avec les balais de l'induit I

de l'électromoteur ; d'autre part, le pôle positif de la génératrice + G est relié à l'axe de rotation O d'un levier L, et le pôle négatif — G, au commencement d'une série de plots MD en communication avec les sections d'un rhéostat R, avec intercalation sur le conducteur de liaison de l'enroulement de gros fil E*g* de l'électromoteur ; en outre, ce même pôle — G est aussi relié à un plot supplémentaire complétant la série des plots précédents, directement, sans passer par l'enroulement de gros fil.

Le commutateur est complété par des secteurs de contact BB′ en communication avec les leviers *l* et *l′* du *commutateur d'arrêt automatique* C*a* et par des secteurs de repos.

Le levier de manœuvre L porte à une de ses extrémités deux contacts *f* réunis entre eux et formant ainsi un pont isolé du corps du levier ; à l'autre extrémité, sont deux autres contacts *f′* également réunis entre eux et aussi à l'axe de rotation, c'est-à-dire au pôle positif de la génératrice.

Un *relais-interrupteur* H porte, d'un côté, deux ponts pouvant établir une double communication entre les plots *p*, d'une part, et les plots *q*, d'autre part ; il constitue un interrupteur bipolaire intercalé sur les conducteurs allant de l'induit de l'électromoteur aux secteurs F et F′. Les interruptions *p* et *q* sont fermées par les ponts abaissés, lorsque le relais H est excité ; dans le cas contraire, les ponts *p* et *q* se relèvent et un pont s'abaisse sur les plots *cc*, mettant ainsi l'induit I en court-circuit.

Or, le relais H est pris en dérivation entre le pôle négatif de la génératrice et l'un des deux secteurs B ou B′ que la manœuvre du levier L du commutateur C*m* permet de mettre en relation avec le pôle positif de la génératrice, soit pour la montée, soit pour la descente. Sur le circuit du relais H est intercalé l'un des deux interrupteurs formés par le levier *l* ou *l′* du commutateur C*a* appuyant sur le contact *o* ou *o′*. A l'état de repos, les deux interrupteurs sont fermés et le relais H peut être excité par l'un des deux chemins conduisant au secteur B ou au secteur B′. La mise en

marche du treuil, dans un sens ou dans l'autre, a pour effet de mettre en mouvement le plateau *u* entraînant les bras *n* et *n'*; grâce à un réglage de la position de ces bras, on obtient à bout de course l'actionnement du levier *l* ou du levier *l'* et la rupture du circuit du relais H, ce qui interrompt le courant dans l'induit et met ce dernier en court-circuit.

236. — Voici comment fonctionne l'appareil. Le levier L étant primitivement dans la position de repos sur A, si on le porte sur la droite, vers M, on met en communication, par les contacts *f*, le secteur F avec l'un des plots *m*M, c'est-à-dire avec le pôle négatif de la génératrice, par l'intermédiaire d'une fraction plus ou moins grande du rhéostat R, tandis que le pont *f'* met en communication les secteurs F' et B' avec l'axe O, c'est-à-dire avec le pôle positif de la génératrice. Par suite, d'une part, le relais H est excité par *o*, *l*, B', *f*, O, + G, tandis que, d'autre part, les ponts *p* et *q* étant ainsi abaissés, les balais de l'électromoteur communiquent avec les deux pôles de la génératrice. Le démarrage se produit et on augmente la vitesse en portant le levier L de plus en plus sur la droite, jusqu'à supprimer complètement toute la résistance R et même, sur le plot *m*, l'enroulement de gros fil E*g*. Le sens de la rotation du treuil est alors celui de montée. A bout de course, le bras *n* vient appuyer sur le levier *l* et rompre sa communication avec *o*; le relais H cessant alors d'être excité, les ponts *p* et *q* se relèvent tandis que le pont *cc* s'abaisse; le courant est interrompu dans l'induit de l'électromoteur et l'induit est mis en court-circuit.

Les choses se passent de même pour la descente, lorsque le levier de manœuvre L est porté vers la gauche, les plots D étant, en effet, en communication, par des fils non représentés ici, avec les plots correspondants de la série *m*M.

Il semble qu'on eût pu s'épargner l'emploi de l'arrêt automatique et, par suite, du relais. Il paraît y avoir là un des nombreux exemples de l'abus des sécurités et des ma-

nœuvres automatiques dont l'emploi de l'électricité rend l'application si aisée.

237. — Voici quelques données de construction et de fonctionnement sur un modèle de ces escarbilleurs.

Résistance de l'induit	1,55	ohm
Résistance de l'inducteur, gros fil . .	0,96	—
Résistance de l'inducteur, fil fin . . .	101,50	—
Charge soulevée.	60	kilogr.
Vitesse de montée.	0,408	mètres/s
Puissance développée	24,5	kgm/s
Intensité du courant.	7,7	ampères
Différence de potentiel, aux bornes .	79,5	volts
Puissance électrique dépensée. . . .	612	watts
Nombre d'hommes employés pour la manœuvre à bras	2	
Vitesse de montée, à bras	0,776	mètres/s
Puissance développée	46,6	kgm/s
Poids du treuil et manivelle.	289	kilogr.
Poids de l'appareil de manœuvre . .	25	—

Il n'est pas sans intérêt de mettre ici, à côté des chiffres relatifs à l'escarbilleur électrique, les chiffres relatifs au fonctionnement d'un escarbilleur à vapeur :

Charge soulevée	130	kilogr.
Vitesse d'élévation	0,40	mètre/s
Poids du treuil.	277	kilogr.

On voit qu'un escarbilleur à vapeur est, pour une charge soulevée supérieure de plus du double, dans les mêmes conditions de vitesse d'ascension, d'un poids inférieur à l'escarbilleur électrique.

Comme la précision de manœuvre est ici inutile, comme d'ailleurs, les escarbilleurs étant nécessairement au voisinage des chaudières, la conduite de la vapeur jusqu'à eux n'en-

traîne aucun des inconvénients qu'on lui reproche, l'emploi du courant électrique ne paraît pas très indiqué.

238. Escarbilleur commandé par relais. — Sur plusieurs navires, les escarbilleurs sont disposés à peu près

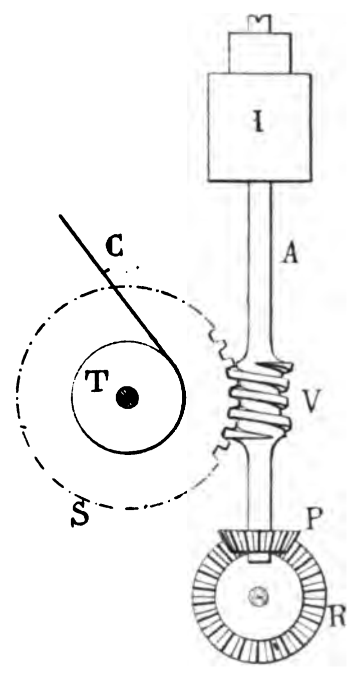


Fig. 85. — Treuil escarbilleur à vis globique; disposition schématique de la transmission.

comme les treuils à munitions (*Forges et Chantiers de la Seyne*).

Le treuil est du type blindé à vis globique, l'axe A de cette vis V et de l'induit I étant vertical. Toutefois, ici, la manœuvre à bras se fait sans débrayer, en attaquant l'axe de la vis au moyen d'une roue dentée R entraînée par les manivelles, engrenant avec un pignon d'angle P claveté sur l'axe de la vis, à la partie inférieure, ainsi que le montre schématiquement la figure 85. Il n'est point alors besoin

de frein, même pour la manœuvre à bras; le tambour d'enroulement T est muni d'un limiteur d'effort, constitué par une sorte de ressort à lame frottant intérieurement.

La manœuvre se fait par relais; on emploie deux relais doubles conjugués petit modèle (**110**); aucun relais n'est utilisé pour supprimer une résistance de démarrage. Il n'y a pas, à proprement parler, d'ailleurs de rhéostat de démarrage, l'inducteur possède seulement, en outre de l'enrou-

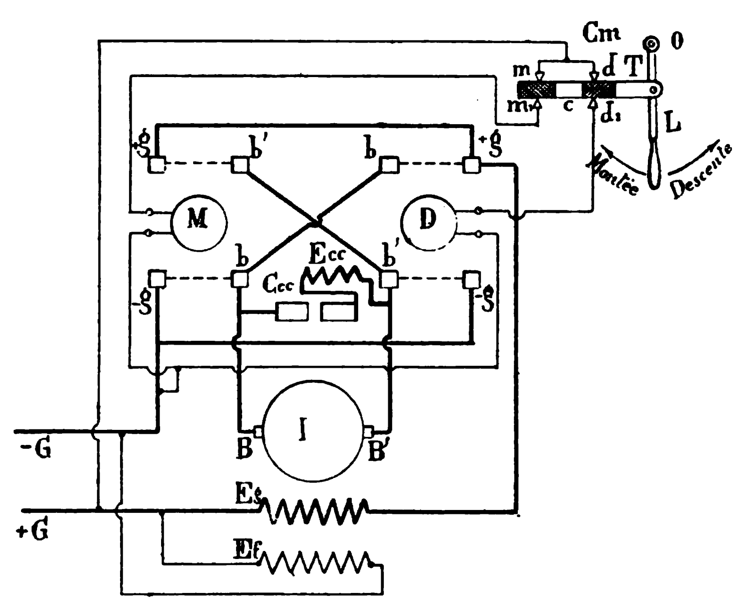


Fig. 86. — Treuil escarbilleur; schéma des connexions de la commande par relais.

lement principal de fil fin, en dérivation aux bornes de la génératrice, un enroulement de gros fil, facilitant le démarrage et agissant comme une résistance restant constamment dans le circuit.

239. — La figure 86 montre schématiquement la disposition des connexions. On voit en M et en D les deux relais de montée et de descente, en I l'induit du moteur électrique,

en E*f* et en E*g* l'inducteur fil fin et l'inducteur gros fil, en C*cc* les charbons de court-circuit. Le commutateur de manœuvre C*m* est constitué par un levier L, mobile autour d'un axe O et commandant ainsi une tige T en forme de poussoir (**107**), contre laquelle pressent des contacts $d\ d_1$, $m\ m_1$, contacts qui sont mis en communication lorsque la bague métallique de contact *c* de la tige vient s'interposer entre eux.

Si on porte le levier à gauche, la bague *c* réunit les contacts $m\ m_1$, et le relais de montée M a son circuit fermé. Les ponts s'abaissent sur les plots de gauche et le balai B' de l'électromoteur est relié au pôle positif, tandis que le balai B est mis en communication avec le pôle négatif. Au contraire, si on porte le levier L sur la droite, les contacts $d\ d_1$ sont reliés et le relais D excité abaisse les ponts de droite, pour la descente, le balai B de l'électromoteur étant alors relié au pôle positif et le balai B' au pôle négatif. Lorsque le levier L est dans la position de repos, aucun relais n'est actionné et l'induit I de l'électromoteur est mis en court-circuit par les charbons en contact C*cc* (**111**), et le court-circuit est assuré par l'électro-aimant E*cc*.

240. — Voici quelques données, à titre d'exemple, sur la construction et le fonctionnement de ce modèle d'escarbilleur.

Résistance de l'induit	0,21	ohm
Résistance de l'inducteur, gros fil . .	0,035	—
Résistance de l'inducteur, fil fin. . .	175	—
Charge montée	30	kilogr.
Puissance développée	45	kgm/s
Différence de potentiel aux bornes. .	80	volts
Intensité du courant dans l'induit, au démarrage.	20	ampères
Intensité du courant dans l'induit, en marche normale.	5 à 6	ampères

§ 4. — Treuils électriques d'embarcation.

241. Généralités. — Les treuils électriques employés à bord pour hisser les embarcations sur leurs porte-manteaux exigent certaines précautions pour leur emploi. Certainement, une fois l'embarcation *enlevée,* la manœuvre du treuil d'embarcation ne diffère guère de celle d'un appareil de levage quelconque, sauf toutefois que des roulis accentués du navire peuvent rendre parfois l'opération malaisée et nécessiter quelque attention spéciale. Mais, qu'il fasse mauvais temps, il faut alors bien choisir son moment pour raidir les garants et *enlever* l'embarcation qui monte et descend de plusieurs mètres parfois le long des flancs du navire ; il faut éviter à tout prix les chocs sur les garants, qui ne manqueraient pas de se produire, si l'embarcation, une fois soulagée, se trouvait pendant quelque temps encore soumise à l'influence des lames, pouvant la soulever momentanément en donnant du mou aux garants, puis la laisser retomber.

L'opération de l'enlèvement d'une embarcation comprendra donc les deux phases suivantes : démarrer avec précaution le moteur électrique afin de ne pas raidir trop brusquement les garants de l'embarcation, puis, les garants raidis, enlever l'embarcation le plus vivement possible, jusqu'à une hauteur qui la mette hors d'atteinte des lames ; le hissage s'achèvera ensuite avec une vitesse quelconque, mais qui, nécessairement, est faible tout à fait à la fin de l'opération. Le moment le plus propice pour enlever l'embarcation est celui où elle descend avec la lame, et il faut que, pendant la durée de ce mouvement descendant, le treuil soit démarré et que l'embarcation soit hissée hors de la portée des lames.

242. — La manœuvre des treuils d'embarcation exige donc des appareils de commande dont le fonctionnement

soit sûr, facile et surtout *rapide,* permettant d'obtenir la mise en route et les changements de vitesse au moment précis où ils sont reconnus nécessaires par celui qui dirige l'opération. L'emploi du courant électrique permet de satisfaire assez facilement aux desiderata que nous venons de formuler, puisque la manœuvre d'un treuil électrique peut être commandée, *instantanément* il faut dire, *à distance,* de telle manière que l'opérateur actionne le treuil tout en *surveillant lui-même* le mouvement exécuté. C'est *à la vue* que la manœuvre se commande et il n'est pas utile, par conséquent, que des organes automatiques viennent compliquer l'installation.

Très peu de treuils électriques d'embarcation sont en service ; deux modèles seulement existent.

243. Treuil d'embarcation de la maison Bréguet. — La maison *Bréguet* a installé sur l'*Iéna* deux treuils d'embarcation dont l'agencement est représenté par la figure 87.

244. *Moteur électrique.* — Le moteur électrique blindé et dont nous n'avons figuré en M que l'enveloppe extérieure, comprend un induit à enroulement Brown et un inducteur formé de quatre électro-aimants montés en série et excités en dérivation.

Dans la figure 88, nous avons représenté une vue du treuil par le bout, du côté du moteur, le palier enlevé ; on y voit le collecteur C et les électro-aimants inducteurs E.

245. *Treuil.* — L'arbre horizontal A du treuil est relié directement à celui de l'induit de l'électromoteur ; une butée à billes B, établie pour les deux sens de marches, se fait entre des plateaux d'acier *p* fixés au palier P et des cuvettes mobiles *cc* dont l'une est montée sur l'arbre et dont l'autre est solidaire d'un écrou de serrage *e* monté sur le bout fileté et qui permet le réglage.

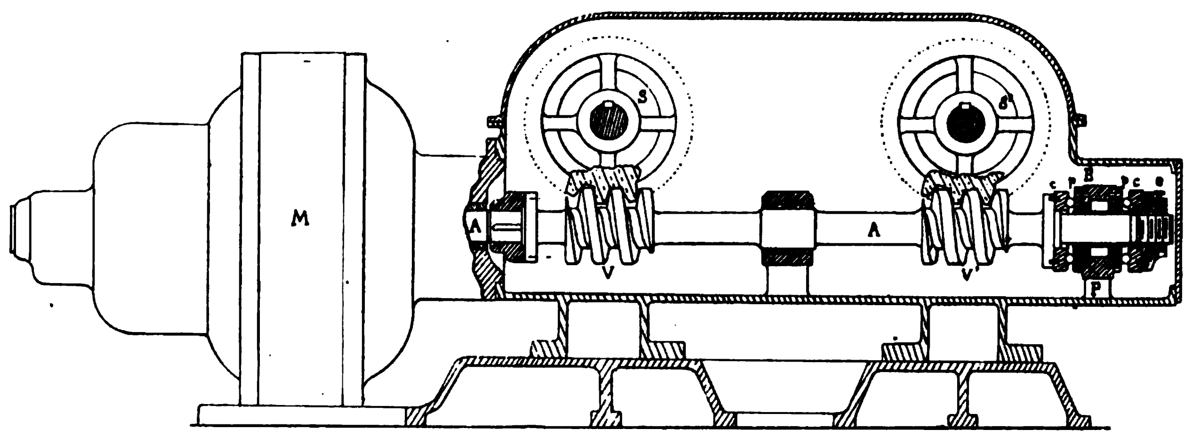


Fig. 87. — Treuil d'embarcation de la maison *Bréguet;* disposition d'ensemble.

L'arbre A porte deux vis tangentes V et V' commandant deux roues striées en bronze S et S' dont les axes prolongés portent des poupées T et T' à quatre gorges (*fig. 88*). Les vis et les roues striées sont enfermées dans une enveloppe formant cuve et remplie d'un mélange d'eau et d'huile jus-

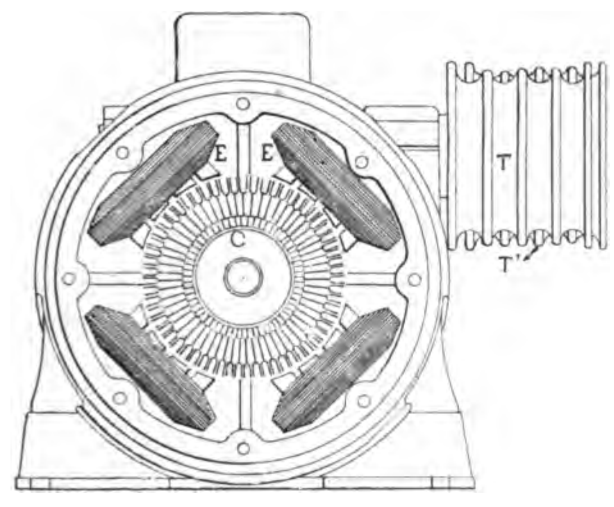


Fig. 88. — Treuil d'embarcation *Bréguet;* vue du moteur électrique par le bout de l'arbre.

qu'à la partie supérieure de l'arbre, pour assurer la lubrification.

246. *Appareils de manœuvre.* — Les appareils de manœuvre comprennent un *manipulateur*, un *inverseur* et un *rhéostat*.

Le manipulateur sert à introduire dans le circuit de l'induit une portion plus ou moins grande de la résistance du rhéostat, à mettre en marche, à stopper et à mettre l'induit en court-circuit; l'inverseur permet les changements de marche. Les deux appareils sont représentés en M*a* et en I*n* dans la figure 89, qui donne à gauche une vue de face du manipulateur et une vue de côté de l'inverseur, tandis qu'à

droite on a une vue de côté du manipulateur et une vue de face de l'inverseur. La figure 90 est une représentation schématique des connexions.

247. — Le *manipulateur* comprend un certain nombre de plots sur une circonférence extérieure, 1, 2,..... 10, reliés aux sections du rhéostat, un secteur de repos A et des secteurs de court-circuit 3', 6', 10' reliés respectivement aux plots 3, 6, 10. Sur une circonférence intérieure, on voit deux secteurs S et T, séparés par un secteur isolé *a* et qui pourront être reliés par l'inverseur avec les pôles de la génératrice.

Un frotteur F feuilleté permet de mettre en communication, suivant la position qu'il occupe, le secteur S avec l'un des plots 1, 2,..... 10, ou le secteur A avec le plot *a* de repos, ou encore le secteur T avec les plots 3', 6', 10'. Ce frotteur est porté par un plateau de manœuvre H monté fou sur l'axe O ; ce plateau porte à sa périphérie un certain nombre d'ondulations dans lesquelles vient appuyer un petit galet placé à l'extrémité d'un mouvement à sonnette K sollicité par un ressort.

Le mouvement est communiqué au plateau H à l'aide d'un volant de manœuvre V goupillé sur l'axe O, non pas directement, puisque le plateau est fou sur l'axe, mais par l'intermédiaire du bras G solidaire du volant et du ressort *r* fixé par une extrémité à G et par l'autre au plateau.

Lorsqu'on tourne le volant vers la droite, par exemple, on entraîne le bras G, ce qui tend le ressort *r* jusqu'à ce que le bras G vienne buter sur un toc *t* fixé au plateau H ; le ressort tendu force le plateau à tourner malgré l'obstacle opposé par le galet ; ce dernier franchit une ondulation et, brusquement alors, le plateau, obéissant au ressort tendu *r*, court jusqu'à ce que le toc *t'* vienne rencontrer le bras G. Il résulte de là que le frotteur F passe par à-coups rapides d'un plot à un autre et que l'effet nuisible des étincelles de rupture est peu à craindre. C'est en somme le système

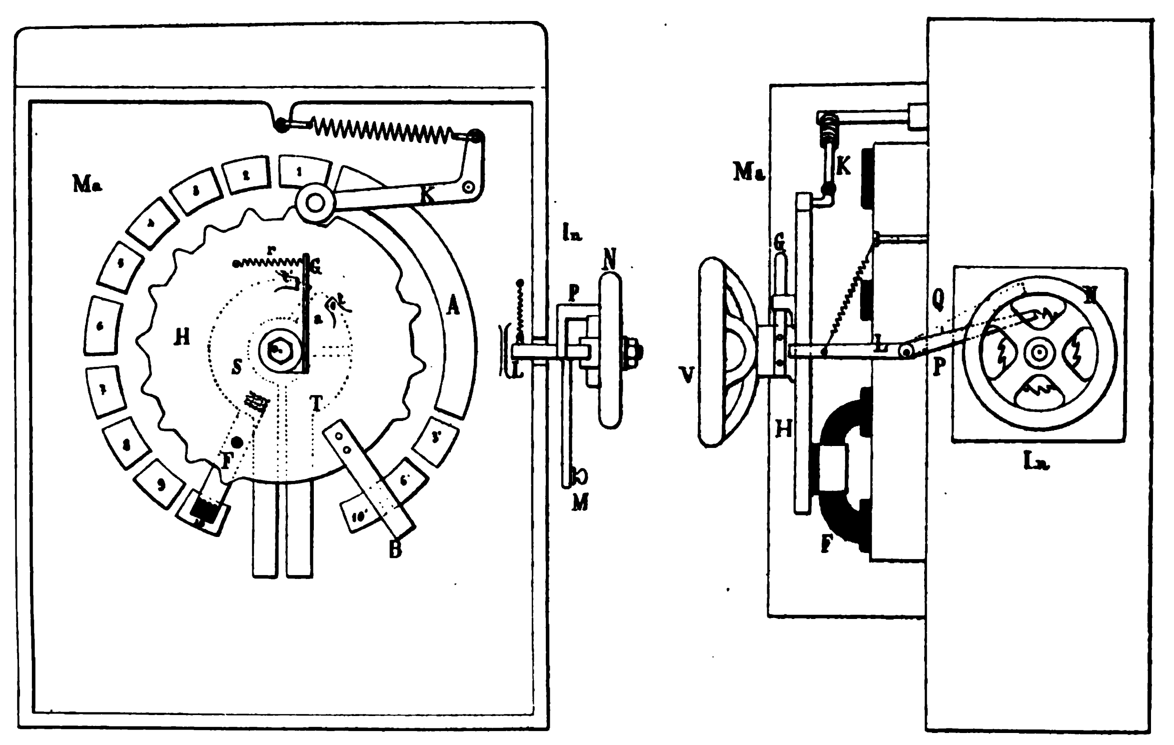


Fig. 89. — Appareils de manœuvre du treuil d'embarcation *Bréguet*; vue extérieure.

employé dans tous les interrupteurs rapides, mais il est appliqué ici à un commutateur à plusieurs positions.

248. — L'*inverseur*, dont on voit la représentation extérieure dans la figure 89 et la représentation schématique,

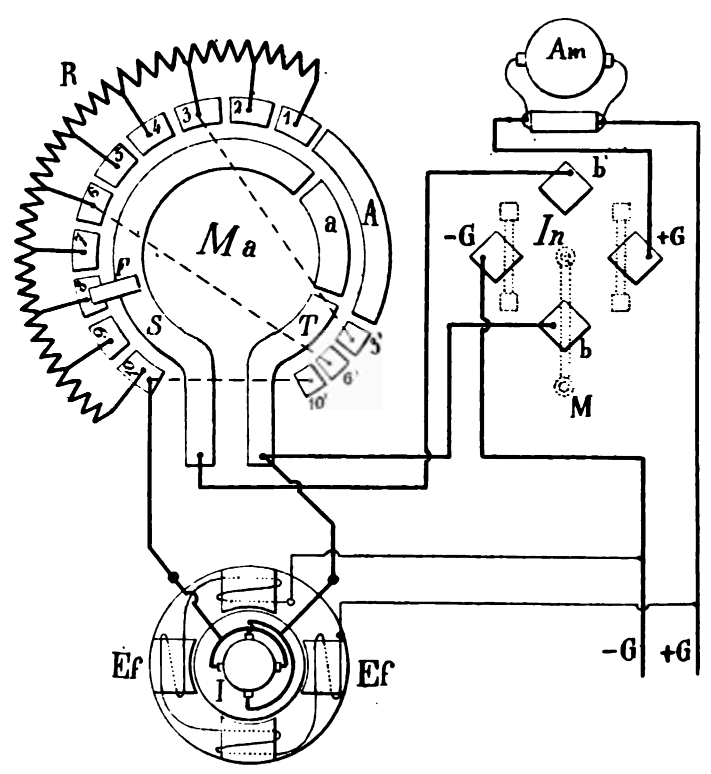


Fig. 90. — Appareils de manœuvre du treuil d'embarcation *Bréguet*; schéma des connexions.

avec ses connexions, dans la figure 90, se compose essentiellement de quatre plots disposés en losange, dont deux communiquent avec les pôles + G et — G de la génératrice et dont les autres *b* et *b'* sont reliés aux balais de l'électromoteur I (*fig. 90*), soit directement, soit par l'intermédiaire du manipulateur M*a* et du rhéostat. Ces plots peu-

vent être reliés deux à deux par des ponts, de manière à lancer dans l'induit du moteur un courant dans le sens de la *montée* ou dans celui de *descente*. Ces ponts sont manœuvrés par une manette M (*fig. 89*), et un volant N assure le contact des ponts sur les plots; la position de repos de la manette est la position verticale. Le mouvement de la manette est verrouillé de manière qu'on ne puisse manœuvrer l'inverseur que lorsque le contact F du manipulateur est sur les plots de court-circuit et jamais pendant que le courant passe dans l'électromoteur. A cet effet, la manette et la partie mobile de l'inverseur ne peuvent être manœuvrées que si une roue à rochets montée sur l'axe n'est pas en prise avec un des verrous P et Q. Or ces verrous sont commandés par un levier à deux branches L qui, sollicité par un ressort, maintient les verrous en prise. Lorsque le frotteur F du manipulateur est amené sur les plots de court-circuit, un bras B fixé au plateau T remonte le levier L et relève les verrous P et Q, libérant alors l'inverseur.

249. — Le *rhéostat* est formé de spirales en maillechort noyées dans de l'eau distillée contenue dans une cuve en fonte émaillée. Le fonctionnement des appareils se comprend aisément. Pour mettre en marche à la montée, le frotteur du manipulateur étant sur le plot 10′ et assurant le court-circuit de l'induit, on desserre le volant N de l'inverseur et on porte la manette M à gauche, puis on serre le volant N pour assurer les contacts de l'inverseur. On manœuvre alors le volant V du manipulateur, de manière à déplacer le frotteur F en sens inverse des aiguilles d'une montre; quand ce frotteur arrive sur le plot 1, le circuit de l'induit est fermé avec la résistance entière du rhéostat en série; le démarrage se produit, si l'on marche à vide; on augmente la vitesse en portant progressivement le frotteur sur les plots 2, 3,..... 10. Un ampèremètre A*m* permet de contrôler l'intensité du courant. On peut stopper, soit sans mettre le moteur en court-circuit, en ramenant le frotteur

F sur les plots A et *a,* soit en mettant le moteur en court-circuit, sur les plots 3′, puis 6′, puis 10′ ; on voit que la réunion des balais de l'induit se fait sur 10′ sans résistance intercalée et sur 6′ ou 3′ avec une portion de la résistance.

Lorsque le treuil est employé à hisser une embarcation, le démarrage ne se produit à la mise en marche que si on a porté le frotteur F sur les plots 2, 3 ou 4.

Pour descendre, on manœuvre de la même manière, la manette de l'inverseur étant cette fois portée à droite.

250. — Voici quelques données de construction et de fonctionnement pour ce treuil :

Résistance de l'induit, à 15° C .	0,00315	ohm
Résistance de l'inducteur, à 15° C.	17,8	ohms
Différence de potentiel aux bornes.	80	volts
Intensité moyenne	405	ampères
Nombre de tours des poupées .	56	
Vitesse correspondante du garant	0,93	mètre/s
Puissance développée.	1 810	kgm/s
Poids total du treuil, avec appareils de manœuvre	3 100	kilogr.

Il ne paraît pas que la commande avec les appareils que nous venons de décrire permette d'obtenir aisément la qualité qu'on doit surtout rechercher, la *rapidité* de manœuvre, puisqu'il faut au moins trois mouvements pour mettre en marche, si ce n'est quatre.

251. Treuil d'embarcation de la maison Sautter et Harlé. — Ce modèle est installé sur le *Du Chayla;* il est antérieur à celui que nous venons de décrire.

252. *Moteur électrique.* — Le moteur est de la forme courante avec électro-aimant inducteur unique E et masses

polaires en mâchoires ; l'excitation est faite en dérivation (*fig. 91*). L'induit est un anneau Gramme I à deux collec-

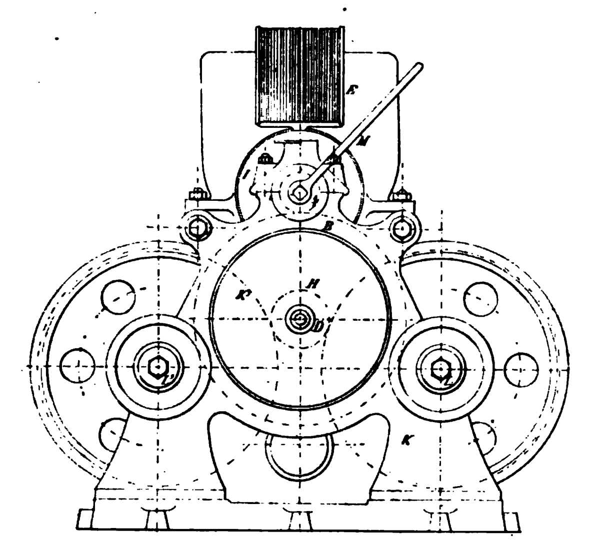


Fig. 91. — Treuil d'embarcation *Sautter et Harlé*; élévation.

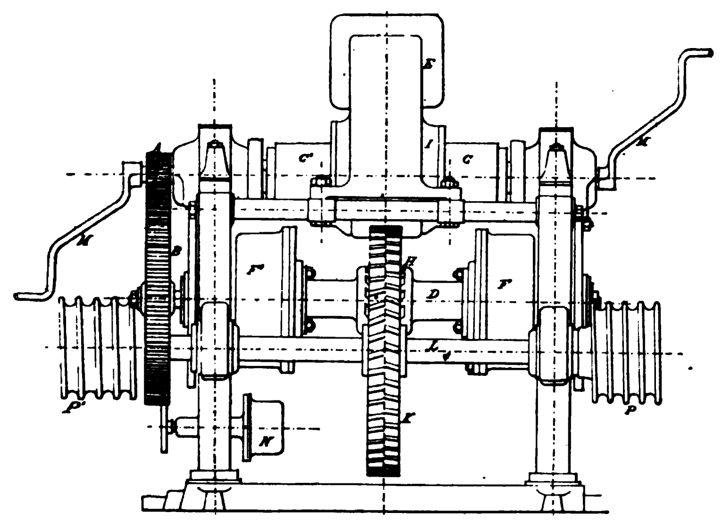


Fig. 92. — Treuil d'embarcation *Sautter et Harlé*; profil.

teurs C et C′ placés aux deux extrémités de l'arbre. Les sections paires aboutissent à l'un des collecteurs et les sections impaires à l'autre, de sorte que l'ensemble fonctionne comme deux induits montés sur le même arbre, avec un inducteur commun. Pour la manœuvre on accouple ces deux induits en tension ou en quantité.

253. *Treuil.* — Le treuil est représenté schématiquement dans les figures 91 et 92. L'axe de l'induit de l'électromoteur commande, par un pignon A, une roue dentée B montée sur un axe intermédiaire D; sur l'axe D est claveté un pignon H engrenant à droite et à gauche avec deux roues dentées K et K′ montées sur les axes L et L′ des poupées P et P′. Sur l'axe intermédiaire D sont deux freins automatiques Mégy F et F′, l'un pour la montée, l'autre pour la descente. On voit en N un appareil de sécurité pour le couplage des induits en quantité; il est en forme de régulateur de vitesse à masses centrifuges et il est mis en mouvement par la roue dentée B.

254. *Appareils de manœuvre.* — La commande du treuil se fait par le système des relais; la figure 93 représente schématiquement les appareils et leurs connexions.

Trois relais M, D et R, à double pont, servent les deux premiers à inverser le courant dans les deux induits I, et le troisième à mettre en court-circuit les résistances R_1 et R_2 intercalées dans le circuit de ces induits, dont l'inducteur E*f* est excité par une dérivation prise entre les pôles de la génératrice + G et — G; la figure montre clairement que les ponts Pr_1 et Pr_2 abaissés par le relais R excité shuntent les résistances. Lorsque le relais M est actionné, les ponts P*m* et P*m*′ abaissés établissent les contacts entre la génératrice et les induits de manière à les mettre en marche pour la montée; les ponts P*d* et P*d*′ abaissés lorsque le relais D est actionné permettent au courant de passer dans les induits dans le sens convenable pour le mouvement de descente.

255. — En outre, deux relais T et Q sont reliés mécaniquement de telle sorte que le levier commun qui porte leurs

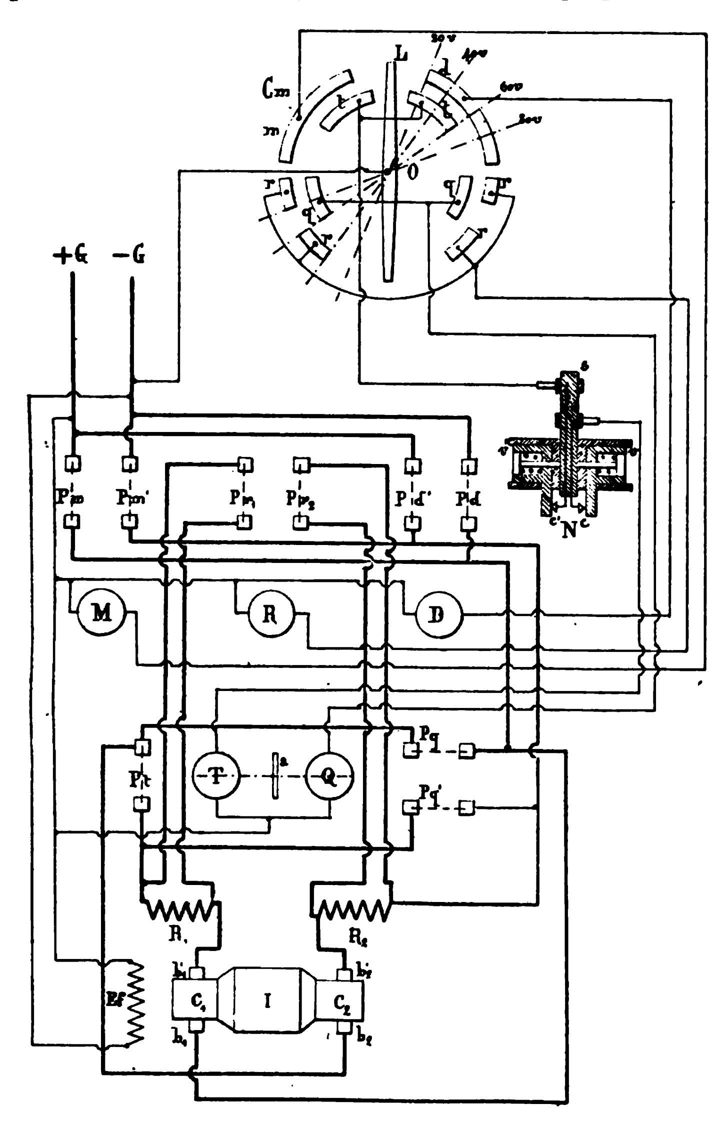


Fig. 93. — Treuil d'embarcations *Sautter et Harlé*; connexions de la commande par relais.

armatures oscille autour d'un axe *a* comme le fléau d'une balance. Lorsque le relais T est actionné, le pont P*t* est abaissé et les deux induits sont en tension; on voit en effet que, si on désigne par b_1 et b'_1 les balais reposant sur le premier collecteur C_1 et par b_2 et b'_2 les balais respectivement de même polarité correspondant au deuxième collecteur C_2, l'abaissement du pont P*t* a pour effet de réunir les balais contraires b_2 et b'_1, en laissant reliés aux plots des relais inverseurs M et D le balai extrême b_1 et le balai b'_2 de polarités différentes.

Si, le pont P*t* étant relevé, le relais Q abaisse les ponts P*q* et P*q'*, les balais de même polarité b_1 et b_2 sont réunis par P*q* et les balais b'_1 et b'_2 par P*q'*, et les deux induits sont en quantité; en même temps l'ensemble des balais b_1 et b_2 est réuni aux plots P*m* et P*d*, tandis que l'ensemble des balais b'_1 et b'_2 est réuni aux plots P*m'* et P*d'*.

256. — Les cinq relais ont leur enroulement relié en permanence par une extrémité à l'un des pôles de la génératrice, + G dans la figure; l'autre extrémité peut être reliée au pôle négatif — G par l'intermédiaire du *commutateur de manœuvre* C*m*. Ce commutateur comprend deux couronnes de secteurs concentriques : à l'extérieur les secteurs *m* et *d* reliés aux relais de montée et de descente M et D, les secteurs *r* reliés au relais R commandant les résistances R_1 et R_2; à l'intérieur les secteurs *t* reliés au relais T de mise en tension des induits et les secteurs *q* reliés au relais Q de mise en quantité des induits. L'axe *o* du levier de manœuvre L étant en relation permanente avec le pôle — G de la génératrice, il s'ensuit qu'en amenant ce levier sur l'un ou l'autre des plots de contacts, on excite l'un ou l'autre des relais dont nous avons défini le rôle plus haut.

257. — Il faut remarquer que sur le conducteur reliant le relais T aux secteurs *t* du commutateur de manœuvre, on a intercalé un *interrupteur automatique de sécurité* N;

il est constitué par des masses centrifuges *v* et *v'* entraînées par le mouvement de rotation d'un axe cylindrique *s* qui est commandé par l'axe des électromoteurs ; lorsque la vitesse des induits est faible, les masses centrifuges se rapprochent de leur axe de rotation, sous l'influence de ressorts, et elles mettent alors en communication deux contacts *c* et *c'* sur lesquels elles appuient ; comme ces contacts *c* et *c'* sont reliés, par l'intermédiaire de bagues métalliques et de frotteurs, aux extrémités du conducteur reliant le relais T au commutateur de manœuvre, l'interruption de ce conducteur n'existe pas alors. Si, au contraire, la vitesse des masses dépasse une certaine valeur, elles s'écartent et les contacts *c* et *c'* cessent d'être en communication.

On retrouve cet interrupteur de sécurité dans nombre d'autres commandes, avec des variantes quant à la forme.

258. *Fonctionnement.* — Supposons le levier du commutateur de manœuvre dans la position de repos (ici la position verticale) ; aucun des relais n'étant actionné, le courant est interrompu dans les induits. Portons le levier L à droite, par exemple ; il touche d'abord le secteur *t*, fermant ainsi le circuit du relais T de mise en tension des induits, puisque les masses *v* et *v'* de l'interrupteur N étant au repos, les contacts *c* et *c'* communiquent. Le relais T étant actionné, le pont P*t* est abaissé et les induits mis en tension. Le levier continuant son mouvement vers la droite et portant toujours sur le secteur *t* touche en outre le secteur *d*, et alors le relais D ayant son circuit fermé est actionné et abaisse les ponts P*d* et P*d'* ; les induits, toujours en tension, sont mis en communication avec la génératrice et le courant passe dans le sens de la descente ; le démarrage se fait à petite vitesse, puisque les résistances R_1 et R_2 sont en circuit.

Puis le levier L, dont l'extrémité supérieure appuie toujours sur *t* et *d*, touche par son extrémité inférieure le secteur *r* de gauche, actionnant ainsi le relais R qui abaisse

les ponts Pr_1 et Pr_2 et met en court-circuit les résistances; la vitesse s'accélère.

Le mouvement du levier L vers la droite s'accentuant encore, la partie supérieure appuie toujours sur *d*, mais quitte *t*; la partie inférieure quitte *r* et appuie sur *q*. Les relais *d* et *q* sont actionnés; les induits sont en quantité, avec les résistances dans le circuit de chacun d'eux et le courant passe toujours dans le sens de la descente. La vitesse est encore plus grande que la précédente.

Enfin le levier L appuie par son extrémité supérieure sur *d* et par son extrémité inférieure sur *q* et sur *r*; les induits sont en quantité sans résistance, le courant passant toujours dans le sens de la descente; la vitesse est maximum.

Pour stopper, on repasse par toutes les positions que nous avons indiquées. Mais comme avec les induits en quantité la vitesse est grande, l'interrupteur N fonctionne et les contacts *c* et *c'* ne communiquent plus; si alors on ramenait le levier sur le secteur *t*, les induits ne seraient plus couplés en quantité mais ne pourraient encore se coupler en tension. On a voulu éviter ainsi l'accouplement en tension des induits alors que leur force contre-électromotrice, sous l'influence de leur grande vitesse, dépasse la moitié de la différence de potentiel fournie par la génératrice, ce qui aurait pour effet de leur faire débiter du courant dans cette génératrice. On a donc réglé les ressorts antagonistes des masses centrifuges de façon que le contact entre *c* et *c'* soit rétabli pour une vitesse correspondant à une force contre-électromotrice égale à 40 volts et rompu pour une vitesse supérieure.

Il faut remarquer que l'arrêt se fait sans mise en court-circuit des induits; elle était inutile, en effet.

Les choses se passent de même quand on porte le levier à gauche, pour la montée.

259. — Nous avons représenté dans la figure 94 les dispositions des induits et des résistances correspondant aux

diverses positions du levier. Elles correspondent à peu près aux différences de potentiel suivantes, entre les balais *de chaque induit :*

I. —	Induits en tension, avec résistance. .	20 volts
II. —	Induits en tension, sans résistance. .	40 —
III. —	Induits en quantité, avec résistance. .	60 —
IV. —	Induits en quantité, sans résistance. .	80 —

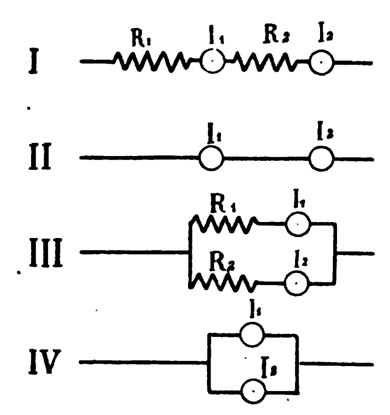


Fig. 94. — Treuil d'embarcations *Sautter et Harlé*; schéma des accouplements des moteurs.

Ce treuil d'embarcations prend 325 ampères sous 80 volts en service courant.

§ 5. — Cabestans électriques.

260. Généralités. — A bord des navires, le fonctionnement d'un cabestan destiné à relever l'ancre est souvent très irrégulier et donne lieu à des variations considérables de l'effort résistant. Aussi la manœuvre en doit-elle être conduite avec prudence. Sans insister sur le démarrage, qui doit être fait en douceur, puisqu'il s'agit de mettre en mouvement, par un halage sur l'ancre, la masse énorme du navire, le dérapage de l'ancre elle-même, lorsqu'elle est à

pic, exige parfois le développement d'un effort exceptionnellement grand, l'ancre pouvant tenir au fond d'une manière particulièrement solide ; quelquefois même, assez rarement il est vrai, mais sans qu'on puisse le prévoir, la tenue de l'ancre est telle que le dérapage est rendu impossible. Parfois, au contraire, le relèvement de l'ancre se fait d'une manière très régulière, sans à-coups.

Lorsqu'on vire à bras au cabestan, les variations de l'effort à exercer sont facilement ressenties par les hommes et ils tendent leurs muscles en conséquence, diminuant d'ailleurs d'eux-mêmes la vitesse si l'effort devient plus grand, comme cela est rationnel, s'arrêtant complètement si l'obstacle est invincible. Lorsque le cabestan est mécanique, il faut qu'il soit prévu de manière à pouvoir développer, momentanément au moins, l'effort parfois considérable exigé par la tenue de l'ancre, mais il faut aussi que cet effort exceptionnellement grand ne s'applique pas trop brutalement à la chaîne qui retient l'ancre, si on ne veut pas risquer de casser cette chaîne, ou le câble enroulé sur le cabestan et qui permet de la relever, accident qui peut avoir les plus graves conséquences. C'est ce qui arriverait presque infailliblement si la vitesse du moteur mécanique ne diminuait pas notablement à mesure que l'effort exercé augmente. La manœuvre mécanique du cabestan doit être *souple,* comme la manœuvre à bras. A ce point de vue, l'emploi du courant électrique permet d'obtenir une manœuvre du cabestan se rapprochant beaucoup de la manœuvre à bras, surtout si le moteur électrique employé est excité en série, mais à la condition que la conduite du moteur électrique soit confiée, non pas au premier venu, mais à un homme intelligent, capable de mettre convenablement à profit les propriétés des moteurs électriques, sachant en particulier interpréter les indications d'un ampèremètre intercalé sur le circuit du moteur, qui donne, comme les bras des hommes virant au cabestan, la sensation de l'effort résistant à chaque instant opposé au moteur électrique. Il va sans

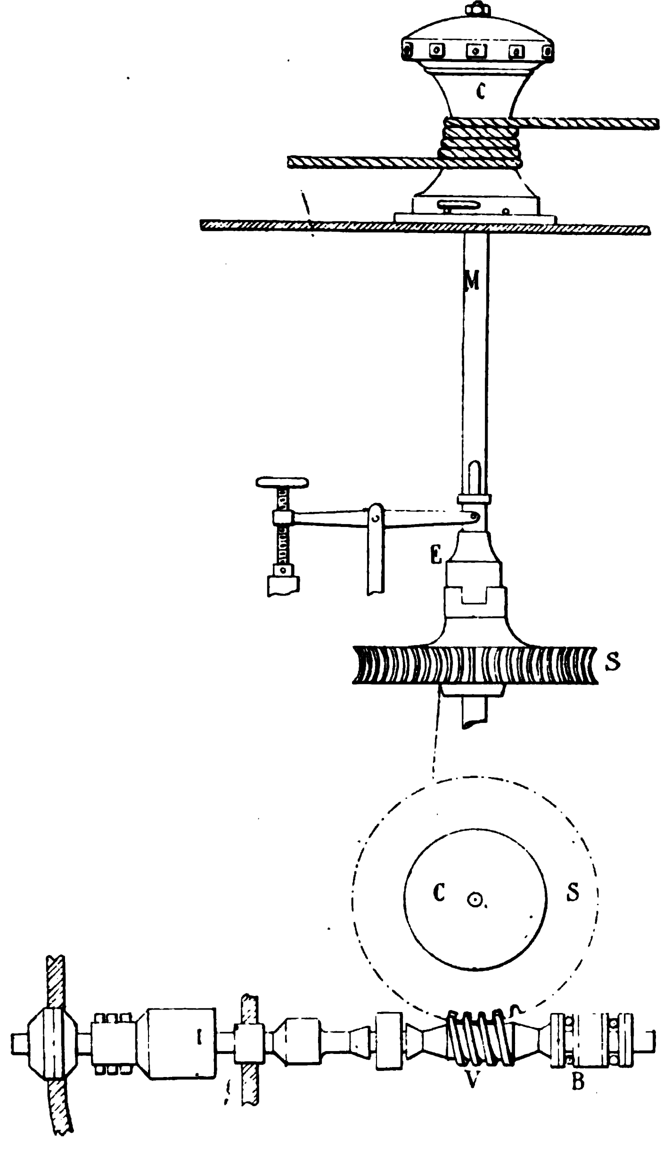


Fig. 95. — Cabestan électrique de la maison *Bréguet;* dispositions mécaniques.

dire qu'en outre d'appareils de manœuvre bien compris un cabestan électrique de navire exige une robustesse exceptionnelle de tous ses organes.

261. Cabestan électrique de la maison Bréguet. — Jusqu'à présent, on ne trouve à bord des navires que des cabestans de *touage,* en petit nombre, dont l'un, de la maison Bréguet, est installé sur le *Suffren.* Le problème à résoudre présente moins de difficulté que pour un cabestan destiné à relever l'ancre d'un gros navire ; il est cependant de même nature.

262. *Disposition mécanique.* — L'axe A de l'induit I du moteur électrique blindé (*fig.* 95) semblable à celui du treuil d'embarcations de la même maison (**244**), commande, par une vis sans fin V, une roue striée S. Un manchon d'embrayage E permet de rendre solidaires cette roue et la mèche M du cabestan C. On remarque une butée à billes B identique à celle du treuil d'embarcations que nous avons étudié précédemment.

263. *Appareils de manœuvre.* — La manœuvre se fait par le système des relais. Ces derniers sont de la troisième forme que nous avons décrite précédemment (**203**), c'est-à-dire qu'un électro-aimant fixe H fait basculer, suivant qu'on lance le courant dans l'un ou l'autre de ses enroulements, un électro-aimant D (droite) ou un électro-aimant G (gauche), établissant ainsi le courant dans l'induit I de l'électromoteur dans un sens ou dans l'autre. La figure 96 représente schématiquement les organes de manœuvre et leurs liaisons. On y voit en E*f* l'enroulement des inducteurs en dérivation et en E*g* l'enroulement de gros fil de ces inducteurs ; cet enroulement constitue l'unique résistance de démarrage intercalée dans le circuit de l'électromoteur ; il y reste d'ailleurs en permanence.

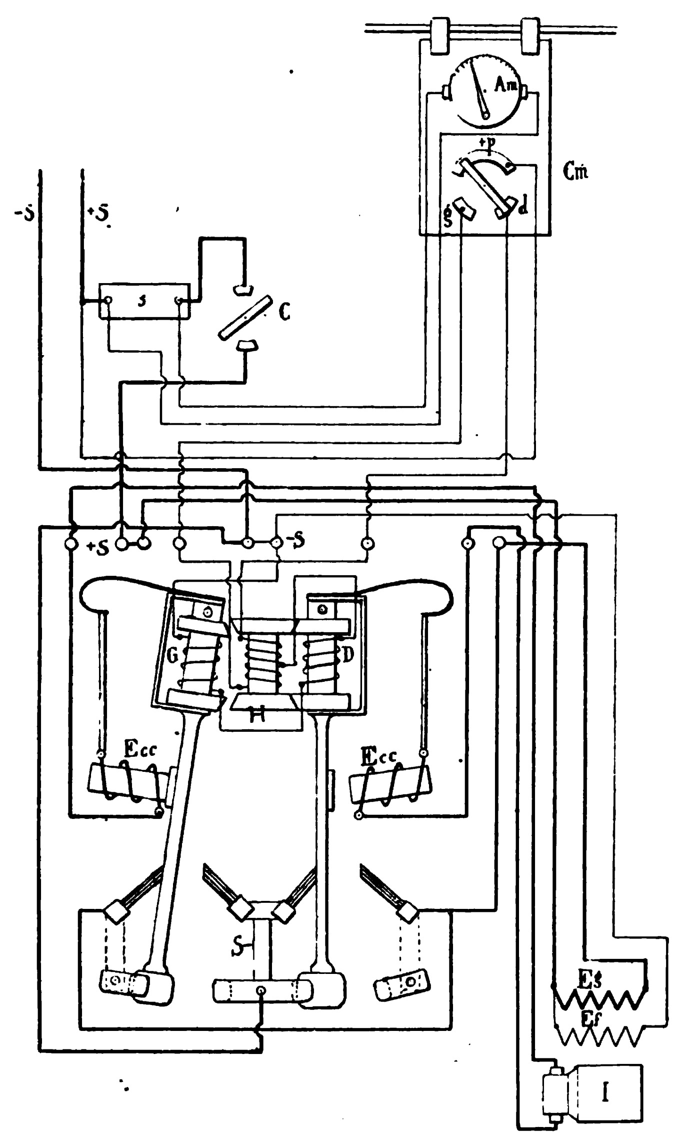


Fig. 96. — Cabestan électrique de la maison *Bréguet;* connexions de la commande par relais.

Le commutateur de manœuvre C*m* est mobile et *peut être placé à proximité du cabestan.* Il comprend simplement un plot + *p* relié au pôle positif de la source + S et deux plots *d* et *g* reliés respectivement à une extrémité de deux enroulements inverses de l'électro-aimant H du tableau des relais, tandis que les secondes extrémités des deux enroulements, réunies entre elles, sont reliées au pôle négatif — S de la source en passant par les électro-aimants D et G. On peut ainsi, en manœuvrant le levier du commutateur vers la droite, ou vers la gauche, faire basculer le relais D ou le relais G et par conséquent donner au cabestan le mouvement désiré. Au repos l'induit est mis en court-circuit et celui-ci est assuré par les électro-aimants E*cc*.

Au-dessus du commutateur de manœuvre se trouve un ampèremètre A*m*. C'est un galvanomètre sensible en dérivation sur un shunt *s* de faible résistance ; on peut ainsi éviter de faire monter près du cabestan le gros conducteur capable d'être traversé par plusieurs centaines d'ampères ; le shunt *s* est, en effet, laissé près du tableau des relais et du moteur dans les parties basses et intérieures du navire, tandis que le commutateur de manœuvre se place près du cabestan, à l'extérieur. On comprend que l'emploi des relais comme intermédiaires procure un avantage de même ordre.

On a représenté en C un interrupteur général.

264. *Fonctionnement.* — La mise en marche, à droite ou à gauche, est des plus simples, et il n'y a pas de changements de vitesse.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans le paragraphe relatif aux conditions générales de fonctionnement d'un cabestan, l'homme chargé de la manœuvre a pour consigne d'observer constamment l'ampèremètre et de revenir à la position de repos, si l'intensité dépasse une valeur limite indiquée par une flèche sur le cadran. Il semble qu'il eût été préférable, surtout pour un cabestan de touage, de pouvoir d'abord

introduire une résistance dans le circuit (il eût suffi d'adjoindre aux relais inverseurs un relais commandant cette résistance et d'ajouter un plot de chaque côté au commutateur) au cas où l'intensité devient trop grande et de ne rompre le circuit de l'électromoteur que si l'intensité excessive persiste alors ; il arrive souvent, en effet, que l'effort résistant trop considérable qui entraîne l'intensité anormale ne dure que peu de temps ; si l'on rompt le circuit aussitôt qu'il se manifeste, toute avarie est évitée, mais l'opération voulue n'est pas effectuée et plus tard, quand on recommencera à fermer le circuit de l'électromoteur, il est à craindre qu'en outre de l'exagération du courant due à l'effort résistant trop grand, on ait encore la surélévation du courant provenant du démarrage. Mieux vaut donc, semble-t-il, commencer par diminuer beaucoup la vitesse, en introduisant une résistance dans le circuit ; c'est seulement si l'effort moteur, qui continue ainsi d'être appliqué *en douceur*, n'a pas raison de l'obstacle, qu'il convient de rompre le circuit. A ce point de vue, on conçoit qu'il peut être avantageux même de pouvoir marcher à *toute petite vitesse,* en introduisant dans le circuit une résistance plus grande que la résistance de démarrage (**I, 298**). Dans le cas particulier qui nous occupe, le compoundage des inducteurs doit cependant provoquer un ralentissement automatique ; il serait seulement avantageux de l'accentuer ; la manœuvre gagnerait en souplesse.

A ce propos nous ne pouvons que nous étonner de voir si peu souvent mettre à contribution, dans les appareils de ce genre (et nous y comprenons les treuils d'embarcations), les propriétés adéquates de l'excitation uniquement en série.

265. Cabestan électrique de la maison Sautter et Harlé. — Ce cabestan est installé sur le *Charles-Martel* et sur la *Jeanne-d'Arc,* avec quelques modifications pour ce dernier navire.

Disposition mécanique. — L'électromoteur a un inducteur formé d'un seul électro-aimant E*f* excité en dérivation; l'induit I est un anneau Gramme à deux enroulements et deux collecteurs C_1 et C_2, comme le moteur du treuil d'embarcations étudié plus haut (**252**); l'ensemble fonctionne comme deux induits ayant un inducteur commun et qu'on pourra accoupler en tension ou en quantité.

L'axe de l'induit entraîne, par un train d'engrenages RR' (*fig.* 97), une vis sans fin non réversible V engrenant avec une roue striée S qu'on peut, à l'aide d'un embrayeur E, rendre solidaire de la mèche M d'un cabestan C*a*.

L'axe de la vis V peut, à l'aide de la roue dentée *r*, entraîner le régulateur N, ou *interrupteur automatique de sécurité*, dont le rôle est le même que pour le treuil d'embarcations (**257**).

266. *Appareils de manœuvre.* — La manœuvre électrique s'opère par le système des relais et à l'aide des mêmes organes que ceux que nous avons décrits pour le treuil d'embarcations ci-dessus désigné; les connexions sont identiques à celles de la figure 93 et nous n'y reviendrons pas. On dispose donc encore de quatre vitesses suivant le mode d'association des induits de l'électromoteur et suivant qu'on a, ou non, introduit dans le circuit la résistance des rhéostats. On peut ainsi obtenir, pour l'électromoteur, de 175 à 700 tours par minute environ; cette dernière vitesse correspond à environ 35 tours de la cloche du cabestan.

267. — Nous devons toutefois signaler l'introduction, sur l'un des conducteurs venant de la source, d'un ampèremètre *placé sous les yeux* de l'homme chargé de manœuvrer le manipulateur actionnant les relais. Cette disposition, que nous avons déjà relevée pour le cabestan précédent, est *indispensable,* si l'on veut manœuvrer en connaissance de

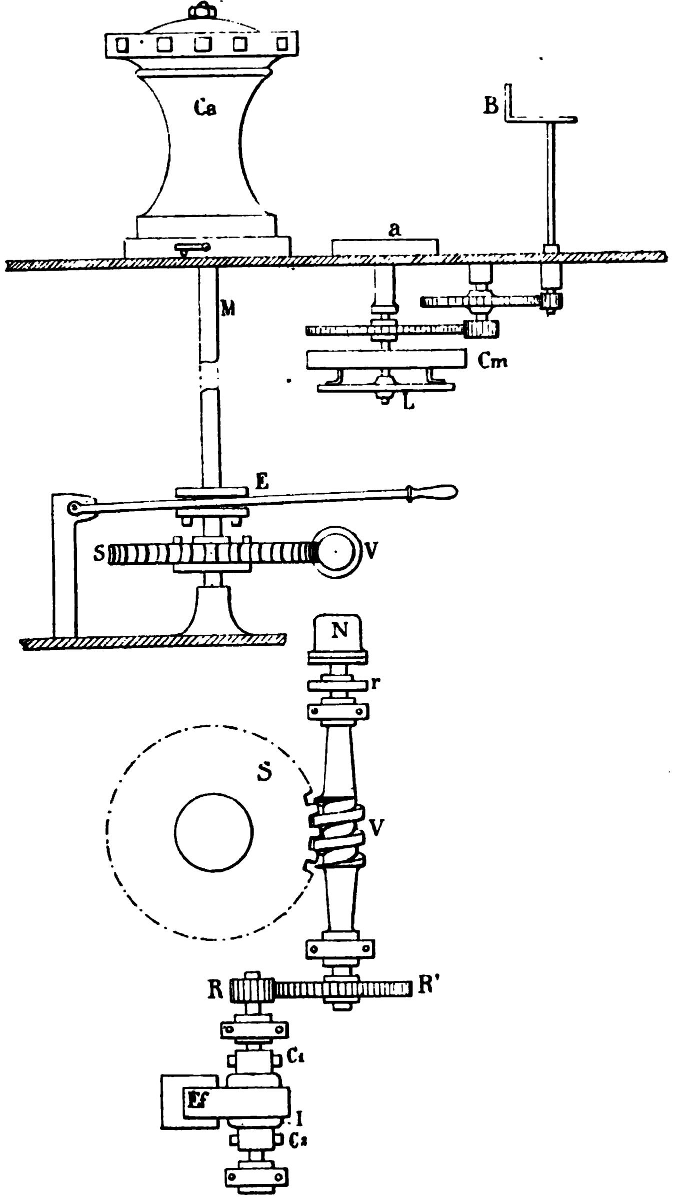


Fig. 97. — Cabestan électrique de la maison *Sautter et Harlé*; dispositions mécaniques.

cause ; un trait doit indiquer l'intensité qu'il convient de ne pas dépasser.

268. — Le commutateur de manœuvre C*m* (*fig.* 97) est placé sous le pont supportant le cabestan ; l'axe de rotation du levier L de ce commutateur porte une aiguille se déplaçant sur le cadran d'un axiomètre *a* visible pour l'opérateur (il est placé sur le sol, devant lui). Afin que la manœuvre du commutateur se fasse lentement et que le passage d'une vitesse à l'autre s'opère sans à-coups, pour le cabestan et pour la génératrice, le levier L est entraîné par l'intermédiaire d'un double train d'engrenages réducteurs ; c'est au moyen d'une clef à béquille B, dont la douille est emmanchée sur le carré terminant l'axe du dernier pignon, qu'on manœuvre le commutateur. La clef, l'axiomètre et l'ampèremètre sont seuls au-dessus du pont supportant le cabestan.

Ainsi que nous l'avons dit, l'opérateur doit ramener le commutateur en arrière vers les petites vitesses et même sur la position d'arrêt, si l'intensité du courant devient à un moment donné trop grande et se maintient à cette valeur excessive.

269. Dispositions particulières des appareils de manœuvre du cabestan de la « Jeanne-d'Arc ». — L'installation mécanique du cabestan de la *Jeanne-d'Arc* est identique à celle que nous venons de décrire et qui est représentée schématiquement dans la figure 97, mais quelques modifications ou additions ont été apportées aux appareils de commande :

1° Tout d'abord, on a appliqué aux relais de mise en marche à droite et à gauche (M et D de la figure 93) la sécurité par contacts supplémentaires empêchant qu'ils soient actionnés tous deux à la fois, sécurité que nous avons rencontrée dans plusieurs appareils précédents ;

2° Les relais de mise en tension des induits (T dans la figure 93) porte dans son circuit une interruption comman-

dée par un électro-aimant appelé *verrouillage électromagnétique.* Lorsque cet électro-aimant est actionné, le circuit du relais de mise en tension est ouvert et ce relais ne peut être excité. Or, l'électro-aimant verrouilleur est en dérivation aux balais d'un des induits et il n'est actionné que lorsque la vitesse dépasse une certaine valeur. Cette sécurité remplace le régulateur centrifuge N de la figure 93 ;

3° Les relais de mise en tension T des induits (*fig. 93*) et de mise en quantité Q se verrouillent l'un l'autre, de telle manière que lorsque l'un est actionné l'autre ne puisse l'être ;

4° Le relais de mise en quantité est pris en dérivation entre les balais d'un des induits, ce qui empêche de coupler en quantité lorsque le démarrage n'est pas complètement effectué ou qu'un effort trop grand empêche la vitesse obtenue avec le couplage en tension d'acquérir la valeur normale ;

5° Le relais R shuntant les résistances ne peut être actionné que si préalablement le relais T ou le relais Q l'ont été, le circuit de R portant une interruption qui n'est fermée que par l'abaissement de T ou de Q ;

6° Le commutateur de manœuvre a son levier de contact divisé en deux parties isolées l'une de l'autre, afin de permettre la mise en communication des relais T et R avec la source et du relais Q avec le balai du moteur, ainsi qu'il a été dit.

Voici quelques données de construction et de fonctionnement pour le cabestan de la *Jeanne-d'Arc :*

Résistance de chaque induit. . . .	0,018	ohm
Résistance des inducteurs en dérivation	11,9	ohms
Poids du cabestan et du moteur électrique	2 618	kg
Poids des appareils de manœuvre .	547	kg
Différence de potentiel moyenne . .	78,5	volts

Intensité moyenne	240	ampères
Nombre de tours par minute de l'induit du moteur électrique	1 142	
Nombre de tours par minute de la mèche du cabestan.	5,71	
Vitesse d'enroulement du garant sur la cloche du cabestan, par seconde . .	0,15	mètre
Puissance développée sur la mèche du cabestan.	785	kgm/s

CHAPITRE V

POINTAGE ÉLECTRIQUE DES CANONS

270. Généralités. — Dans les premières éditions de ce livre, nous faisions entrevoir le développement considérable que devait prendre, à bref délai, l'application des moteurs électriques à la manœuvre des canons. Malgré la complexité du problème à résoudre, bien plus grande que pour les autres applications de l'électricité à bord des navires, nous pensions que la solution électrique devait bientôt remplacer la solution hydraulique employée pendant longtemps pour la manœuvre de la grosse artillerie.

Actuellement, en effet, sur les grands navires récemment construits ou en construction, la manœuvre des canons, ou plus exactement des tourelles cuirassées renfermant les canons, est presque toujours électrique, au moins pour les gros calibres.

Ainsi que nous le faisions prévoir, on a profité de la substitution de la manœuvre électrique à la manœuvre hydraulique pour réduire considérablement la partie mécanique de la manœuvre. Alors que pendant longtemps l'idéal cherché a paru être de rendre mécaniques jusqu'aux plus simples des opérations diverses de la manœuvre, l'écouvillonnage aussi bien que le pointage en hauteur, on a enfin compris ce que nous écrivions dans la première édition de cet ouvrage, que la manœuvre mécanique des canons de gros calibre, qu'elle soit électrique ou hydraulique, doit être considérée comme un mal nécessaire et une complication à laquelle il ne faut pas avoir recours sans y être forcé, si l'on considère que les canons sont des engins de guerre dont la première qualité doit être la sécurité de fonctionnement.

Pour se conformer à ce principe, on a renoncé à exécuter

autrement qu'à *bras* un grand nombre d'opérations qui sont toujours possibles dans de bonnes conditions par ce procédé. C'est ainsi qu'à bord de presque tous les navires, la manœuvre électrique comprend seulement le pointage en direction des tourelles et la montée des munitions; sur trois seulement, *Jauréguiberry, Gaulois* et *Charlemagne,* le pointage en hauteur des canons est aussi électrique; encore ne l'est-il qu'accessoirement sur ces deux derniers navires. Toutes les autres opérations se font exclusivement à bras.

De plus, et c'est là, à notre avis, un avantage considérable, l'emploi de l'électricité pour la manœuvre permet d'y substituer presque instantanément la manœuvre à bras. De sorte que, actuellement, si on le désire, toutes les opérations du chargement et de la manœuvre des canons peuvent s'effectuer à bras; c'est le plus grand service que l'électricité a rendu en cette application.

271. Conditions que doit réaliser le pointage électrique des canons. — Le pointage électrique des canons, ou plutôt des tourelles blindées renfermant la grosse artillerie des navires de guerre, est une des applications des moteurs électriques qui se distinguent le plus par la difficulté du problème à résoudre. Les tourelles dont il s'agit ont un poids qui dépasse souvent 500 000 kilogr.; il s'agit non seulement de faire mouvoir ces grosses masses, mais encore de les orienter assez rapidement dans une direction parfaitement définie, avec une très grande précision, sans tâtonnements trop longs; la manœuvre de la tourelle a, en effet, pour objet de *pointer* le ou les canons qu'elle renferme sur un but plus ou moins éloigné, et l'exactitude de ce pointage doit être parfaite; le plus souvent, d'ailleurs, le but est mobile, comme le navire lui-même portant la tourelle, ce qui oblige à réaliser *rapidement* ce pointage exact, sous peine de n'y jamais parvenir.

Le pointeur, entraîné dans le mouvement de la tourelle, doit pouvoir commodément et instantanément agir sur le

moteur électrique, de manière qu'il communique volontairement à la tourelle un mouvement rapide ou lent, suivant les angles à parcourir, très lent même lorsque la ligne de mire est près d'atteindre le but, la tourelle s'arrêtant, d'ailleurs, instantanément, absolument immobilisée, lorsque le pointeur cesse d'actionner le moteur électrique. A cette seule condition, le pointage peut être exact. Car si la tourelle mise en mouvement continuait ce mouvement quelque temps, en vertu de sa vitesse acquise, après que le courant a été interrompu dans le moteur, le pointeur devrait interrompre le courant, au jugé, avant que la ligne de mire passât par l'objet visé, dans l'espoir que la tourelle continuant à marcher donnerait d'elle-même un pointage exact ; ce n'est qu'après des tâtonnements assez nombreux qu'il obtiendrait un résultat satisfaisant. Le pointage est aisé, au contraire, si le pointeur, au moyen d'un commutateur léger facile à manœuvrer sans effort, peut mettre en marche, dans un sens quelconque, le moteur électrique, à une vitesse plus ou moins grande et obtenir des déplacements angulaires de la tourelle rigoureusement limités par le temps pendant lequel il entraîne le commutateur. A cet effet, le commutateur doit être disposé de telle sorte que des mouvements de très faible amplitude, à droite et à gauche, suffisent pour mettre en marche le moteur électrique ; il n'y a ainsi aucun temps perdu. Le pointeur peut alors dégrossir rapidement le pointage, puis l'achever par des déplacements très petits de la tourelle, celle-ci se mettant en marche instantanément dès que le commutateur est actionné et s'immobilisant aussitôt que le commutateur est ramené dans la position de repos, ou mieux lorsque, abandonné à lui-même, il revient automatiquement à cette position de repos, sous l'influence de ressorts.

272. — Ce résultat est obtenu par la mise en court-circuit de l'induit du moteur électrique, chaque fois que le commutateur cesse d'être actionné ; le mouvement du moteur

étant d'ailleurs transmis à la tourelle le plus souvent par une vis tangente non réversible, la tourelle est immobilisée comme le moteur par le freinage énergique dû au court-circuit.

Mais l'arrêt instantané d'une masse pesant 500 tonnes ne laisse pas que d'offrir quelques inconvénients et d'exiger certains dispositifs de précaution comme des ressorts, par exemple, capables d'absorber une partie de la force vive emmagasinée par la tourelle en mouvement. On se fera une idée des efforts de réaction qui peuvent résulter d'un freinage trop brutal d'une pareille masse en considérant le fait suivant qu'il nous a été donné d'observer. Sur un de nos grands cuirassés, on avait tout d'abord, pendant les essais, réalisé l'arrêt de la tourelle par la mise en court-circuit de l'induit du moteur électrique sur une résistance pratiquement nulle, et l'instantanéité de cet arrêt était telle que le moteur tournait encore à peine d'une lame du collecteur à partir du moment où le court-circuit était établi. Or ce moteur faisait, en vitesse, plusieurs centaines de tours par minute, tandis que la tourelle se déplaçait d'environ 300 degrés en une minute. Il en résulte que la prolongation du mouvement du moteur correspondait à peu près à un déplacement angulaire de la tourelle de 30 secondes d'arc; un pareil angle donne seulement un écart de 0,3 m à une distance de 2 kilomètres, ce qui est tout à fait négligeable. Mais, dans ces conditions, le freinage de l'induit était si énergique que l'*inducteur suivait* le faible mouvement de l'induit, en *entraînant le pont du navire* sur lequel il était solidement fixé. Bien entendu, il est inutile en pratique d'agir aussi brutalement et on règle l'énergie du freinage en fermant l'induit, non pas absolument en court-circuit, mais sur une résistance convenable.

273. — Il n'est pas inutile de faire remarquer que l'espace disponible dans une tourelle est des plus restreints, que d'ailleurs l'intérieur d'une tourelle est exposé aux coups

de l'ennemi ; il est donc bon de disposer à l'abri, en dehors de la tourelle, à son pied par exemple, sous le pont cuirassé, la plus grande partie des appareils de manœuvre, moteurs, rhéostats ; il n'en résultera pas de complication pour la disposition des circuits, si l'on place également près du moteur le commutateur de manœuvre proprement dit, ne laissant dans la tourelle, sous la main du pointeur, qu'un léger manipulateur servant non pas à actionner directement le moteur électrique, mais à *commander* le véritable commutateur placé à l'abri. Outre qu'on dégage encore la tourelle et qu'on met en sûreté les organes principaux, le pointeur n'a ainsi que des efforts très faibles à exercer et la précision du pointage ne peut qu'y gagner. Toutefois, cette commande indirecte du moteur électrique doit être établie judicieusement, si on veut éviter les temps perdus.

274. — Signalons au passage des complications supplémentaires, comme la nécessité de prévoir l'*arrêt automatique* de la tourelle à fin de course, à droite et à gauche, pour que le pointeur n'ait pas à se préoccuper des chocs possibles aux limites extrêmes du pointage. Bien entendu, la tourelle s'arrêtant d'elle-même lorsque son mouvement l'entraîne à la fin de sa course, à droite par exemple, le mouvement sur la droite ne doit plus être possible, même si le pointeur manœuvre le commutateur dans ce sens ; mais le mouvement dans le sens opposé ne doit nullement être gêné.

275. — Le pointage électrique *rapide* et *très précis* de tourelles d'une masse énorme constitue un problème dont la solution est loin d'être simple ; il est facile d'imaginer un très grand nombre de dispositifs remplissant à peu près les conditions nécessaires et permettant un pointage plus ou moins satisfaisant, plus ou moins aisé ; mais la difficulté est d'obtenir *réellement* une manœuvre *facile* et *parfaite* comme celle qu'on peut et qu'on doit exiger, puisqu'elle a été réalisée déjà sur nombre de nos navires.



Quel que soit d'ailleurs le dispositif adopté, il faut qu'on puisse très rapidement, sans aucune chance d'erreur, passer de la manœuvre électrique à la manœuvre à bras, cette ressource inappréciable que l'emploi du courant électrique a rendue d'un usage aisé.

276. Divers systèmes de manœuvre employés pour le pointage des tourelles. — Les premiers essais de manœuvre électrique des canons datent de 1889 ; nous avons, dans les premières éditions de ce livre, parlé de ces essais et de ceux qui suivirent ; nous n'y reviendrons pas dans l'édition présente. Nous supprimerons également la description détaillée, que nous donnions jusqu'à présent, de la manœuvre électrique des canons à bord du croiseur chilien *Capitan Prat*. Ce navire fut le premier doté d'une installation complète et définitive donnant toute satisfaction. Mais, depuis cette époque, un grand nombre de navires français ont reçu des installations électriques aussi complètes et perfectionnées dans le détail ; aussi devons-nous nous borner à choisir quelques exemples parmi ces installations, ceux qui peuvent être considérés comme des *types*.

Trois systèmes distincts ont été appliqués à la manœuvre des tourelles :

277. — 1° Le système de la *cartouche électrique*, appliqué sur le *Latouche-Tréville* et le *Pothuau ;* il est actuellement démodé et on transforme les installations des navires que nous venons de citer. Nous n'en parlerons donc que pour mémoire ;

278. — 2° Le système des *Forges et Chantiers de la Méditerranée* que nous pourrions appeler *Système des relais complet*, appliqué d'abord sur le *D'Entrecasteaux* et le *Jauréguiberry* et successivement reproduit, avec des variantes, sur le *Saint-Louis*, le *Gaulois* et le *Charlemagne*, le *Suffren*,

le *Montcalm,* le *Sully,* etc., par les *Forges et Chantiers de la Méditerranée* et par la maison *Sautter et Harlé*. Nous étudierons le type général et les variantes les plus intéressantes. En particulier nous signalerons les modifications introduites sur les derniers cuirassés, *Patrie* et *Justice*.

Le principe général de ce système de manœuvre des tourelles est que tous les appareils de manœuvre proprement dits, tels que l'inverseur du courant, le rhéostat pour le démarrage et les changements de vitesse, etc., restent près des moteurs électriques, à l'abri sous le pont cuirassé. Dans la tourelle se trouve uniquement un petit manipulateur qui sert à commander les organes de manœuvre proprement dits, si bien que ce manipulateur de la tourelle et les fils fins qui y aboutissent peuvent être avariés et détruits sans que la manœuvre électrique de cette tourelle soit empêchée, puisque les organes essentiels restent intacts.

On a résolu simplement ce problème de commande à distance, en employant d'une manière générale comme commutateurs-inverseurs de courant, commutateurs de démarrage et de changements de vitesse, des commutateurs actionnés par des électro-aimants relais. Ce sont les armatures de ces électro-aimants qui, attirées par ces derniers excités, établissent, au moyen de ponts s'appuyant sur des plots, les communications nécessaires pour les manœuvres. Il n'y a plus dès lors qu'à exciter, dans un ordre convenable, de la tourelle, ces électro-aimants qui restent placés sous le pont cuirassé. Comme les électro-aimants, enroulés de fil fin, sont établis sur une dérivation prise aux bornes de la source, un courant assez faible suffit pour les exciter; le manipulateur de commande placé dans la tourelle est donc de petites dimensions et les fils qui le relient aux électro-aimants de faible section; d'où un encombrement très faible de la tourelle, une protection aisée des appareils et des réparations faciles. Étant donnée d'ailleurs la faible dépense nécessitée par ces appareils de commande, il est indiqué d'avoir à l'avance un rechange tout disposé, soit en fils, soit en manipulateurs.

279. — 3° Le système de la maison *Bréguet* et que nous pouvons appeler : *Système des relais réduit ;* il est appliqué sur l'*Iéna,* le *Henri IV,* la *Marseillaise,* la *Gloire,* la *Jeanne-d'Arc,* etc. Sur de plus récents navires, *Démocratie,* la maison Bréguet a généralisé l'emploi des relais et les appareils de manœuvre se sont ainsi rapprochés considérablement des appareils précédents, quant au principe ; ils restent cependant différents par des détails importants.

Pointage des canons, système des Forges et Chantiers de la Méditerranée et de la maison Sau'ter et Harlé.

280. Dispositions générales du pointage des tourelles à bord du « D'Entrecasteaux ». — Comme premier exemple, nous prendrons le pointage électrique latéral des tourelles de 240 mm du *D'Entrecasteaux,* dont la disposition simple peut servir de type à tous les autres du même système.

Les tourelles équilibrées sont à *fût-pivot.* Elles sont portées par une couronne de galets horizontaux placés sous la plate-forme. D'autre part, l'extrémité inférieure du fût-pivot est façonnée en forme de piston de presse hydraulique et l'on peut refouler de l'eau sous pression dans cette presse située ainsi sous le pivot de la tourelle et qu'on appelle *presse-pivot.*

On diminue de cette façon considérablement la pression exercée par la tourelle sur ses galets. C'est ainsi qu'une tourelle du *D'Entrecasteaux* pesant 160 tonnes, la presse-pivot peut produire une contre-pression de 120 tonnes, réduisant les efforts sur les galets à ceux qu'exercerait une tourelle pesant seulement 40 tonnes. La presse-pivot est d'ailleurs actionnée par une pompe électrique dont le fonctionnement est automatique et dont nous avons parlé précédemment.

281. — Pour éviter les efforts latéraux exercés sur le

tube de la tourelle, le pointage électrique est obtenu au moyen d'un couple réalisé par deux électromoteurs iden-

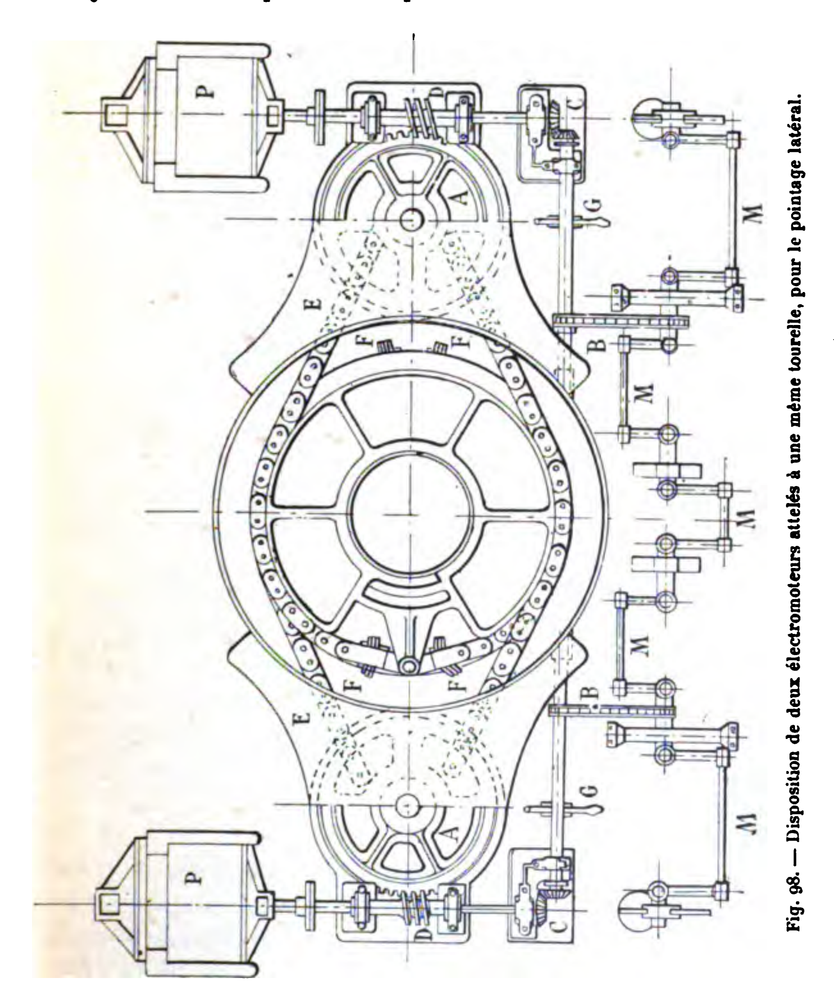


Fig. 98. — Disposition de deux électromoteurs attelés à une même tourelle, pour le pointage latéral.

tiques agissant aux extrémités d'un même diamètre. Les deux moteurs excités en dérivation, en marche normale, ont leurs induits couplés en tension; l'intensité est donc à chaque instant la même dans les deux induits et les deux

moteurs exercent le même effort moteur. Comme, d'autre part, ils sont appliqués au même appareil, ils subissent le même effort résistant ; cette disposition est donc tout à fait rationnelle. C'est d'ailleurs la réalisation de la disposition que nous avons étudiée théoriquement dans le premier volume de cet ouvrage (**I, 393**).

Les deux électromoteurs sont du type blindé à quatre pôles avec électro-aimants supplémentaires redresseurs de champ et permettant de conserver aux balais un calage invariable (**I, 257**).

Chaque moteur P commande, par une vis globique non réversible D (*fig. 98*), une roue striée A dont l'axe porte une noix sur laquelle s'enroule une chaîne Galle E. Les deux bouts de la chaîne s'enroulent sur un tambour porté par le fût-pivot et les extrémités sont reliées à ce tambour par l'intermédiaire de forts ressorts Belleville F. Cette liaison élastique, amortissant les chocs dus aux départs et aux arrêts brusques, réduit considérablement la fatigue du mécanisme.

Disons tout de suite que des manivelles M (*fig. 98*) actionnées à bras peuvent par l'intermédiaire d'engrenages C entraîner les vis sans fin D. Les leviers G permettent d'embrayer ou de débrayer à volonté la manœuvre à bras. Le navire étant droit, huit hommes peuvent faire décrire à la tourelle 250 degrés en trois minutes environ, tandis qu'à la vitesse maximum le pointage électrique exige 55 secondes également pour 250 degrés.

282. Appareils de commande. — Les appareils de commande du pointage électrique horizontal comprennent :

1° Un *tableau de relais* placé sous le pont cuirassé et permettant d'obtenir les changements de sens de la marche des électromoteurs et les variations de vitesse. Un rhéostat accompagne ce tableau de relais ;

2° Un *manipulateur* placé dans la tourelle, destiné à commander les relais des changements de marche et des variations de vitesse ;

3° Un *régulateur centrifuge* permettant d'obtenir de très petites vitesses de marche ;

4° Un *limiteur d'intensité*, destiné à ouvrir les circuits des relais commandant le rhéostat, dans le cas où un couple résistant anormal augmenterait l'intensité du courant dans les induits au delà d'une certaine limite ;

5° Des *interrupteurs de sécurité* destinés à arrêter automatiquement le mouvement de la tourelle à fin de course, à droite et à gauche. On les appelle aussi *arrêts à fin de course.*

283. Tableau des relais. — Les relais sont du moyen modèle que nous avons étudié précédemment ; le tableau des relais comprend deux relais doubles D et G servant d'inverseur pour la marche à droite et à gauche, et trois relais simples, II, III et IV, servant à mettre en court-circuit les diverses sections d'un rhéostat. On a représenté schématiquement ces relais dans la figure 99, en les réduisant à la représentation de leurs bobines et des plots P*d*, P*g*, P_2, P_3, P_4 que ces relais actionnés doivent mettre en communication par les ponts que portent leurs leviers, ainsi d'ailleurs que nous l'avons fait constamment. Ces plots sont reliés entre eux par des bandes de cuivre représentées sur la figure par de gros traits ; ils communiquent d'ailleurs aussi avec les pôles de la source électrique + S et — S et avec les balais extrêmes des induits des électromoteurs associés en tension I et I'. On a figuré en E*f* et E'*f* les excitations de fil fin des deux électromoteurs prises séparément en dérivation entre les pôles de la génératrice ; en E*g* et E'*g* sont les excitations de gros fil en série avec les induits. En effet, et pour profiter des avantages conférés au moment du démarrage par l'excitation compound (**I, 268**), la double excitation existe pour les moteurs du pointage latéral, provisoirement au moment de la mise en marche.

Le rhéostat R a ses sections reliées aux plots P_2, P_3 et P_4, les excitations de gros fil E*g* et E'*g* faisant d'ailleurs partie de la troisième section.

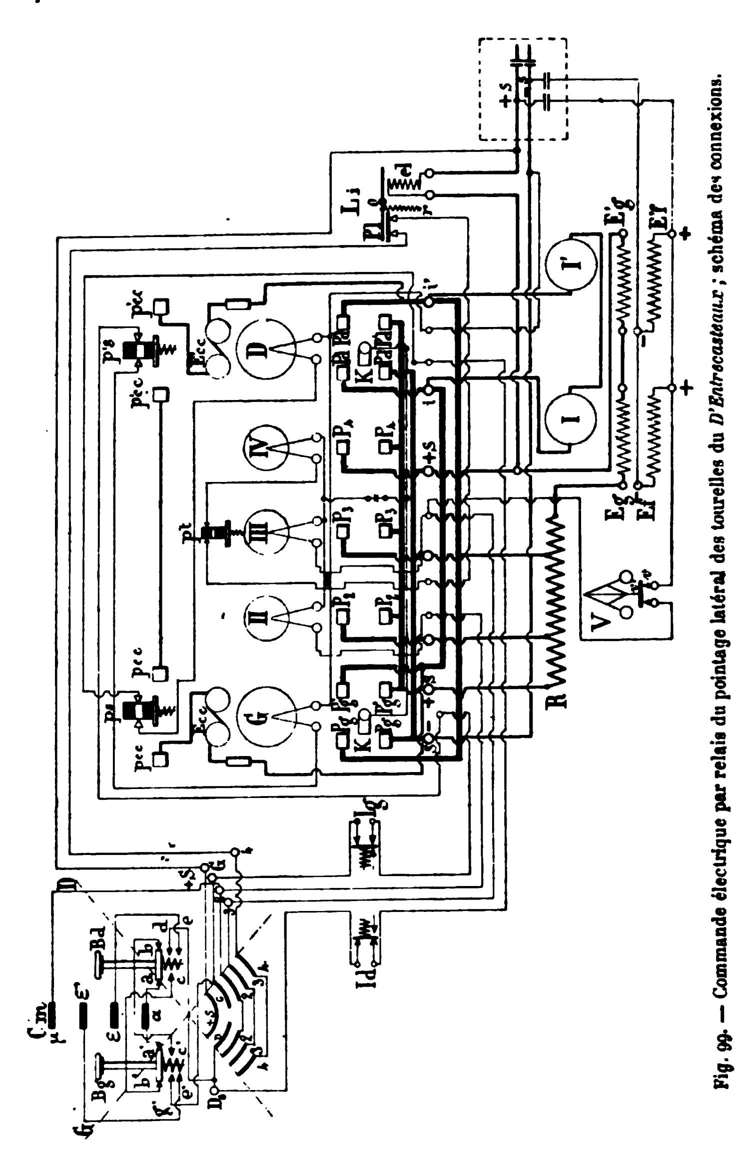


Fig. 99. — Commande électrique par relais du pointage latéral des tourelles du *D'Entrecasteaux* ; schéma des connexions.

284. — Ceci posé, on voit que si le relais D est actionné, mettant en relation les plots P*d* et les plots P'*d*, le relais G

étant d'ailleurs lui-même au repos, ainsi que les relais II, III et IV, le plot P*d* supérieur réuni en permanence à l'un des balais extrêmes des moteurs va être relié au plot P*d* inférieur et par suite au pôle négatif — S de la source ; en même temps, le plot P'*d* supérieur réuni en permanence au second balai extrême des moteurs sera relié par le pont au plot P'*d* inférieur, c'est-à-dire au pôle positif + S de la source par l'intermédiaire de toute la résistance du rhéostat et de l'enroulement de gros fil des inducteurs des électromoteurs. Le courant de la source passe dans les électromoteurs dans un certain sens et le mouvement de ceux-ci a une certaine direction. Vient-on maintenant à actionner le relais II, on voit que le pont réunissant les plots P_2 met en court-circuit la première section du rhéostat R ; la vitesse des électromoteurs s'accroît. En actionnant le relais III, on voit qu'on met en court-circuit, par le pont qui réunit les plots P_3, les deux premières sections du rhéostat et qu'enfin, en actionnant le relais IV, on met en court-circuit le rhéostat R entier et les enroulements de gros fil E*g* et E'*g*. La vitesse des électromoteurs est alors maximum.

Si, au lieu d'actionner le relais D, on avait tout d'abord actionné le relais G, le résultat eût été semblable, sauf que le courant dans les induits aurait été inversé, permettant d'obtenir un mouvement de sens inverse au premier. Ainsi l'ensemble des deux relais D et G constitue un inverseur du courant et les relais II, III et IV forment un commutateur de rhéostat.

285. — Pour marcher vers la droite ou vers la gauche, il faut d'abord actionner le relais D ou le relais G ; la tourelle tourne alors dans le sens voulu à toute petite vitesse, dite vitesse n° 1 ; pour obtenir des vitesses supérieures, tout en continuant à actionner le relais D ou le relais G, il faut actionner en outre les relais II, III ou IV, ce dernier correspondant à la vitesse maximum ; on dispose ainsi de quatre vitesses qu'on peut numéroter 1, 2, 3 et 4.

286. — Lorsque les deux relais D et G sont relevés, l'ensemble des deux induits I et I' est mis en court-circuit par les ponts s'abaissant sur les plots *pcc* et *p'cc*.

287. — Notons que le circuit du relais de marche à droite D passe par un poussoir de sécurité *ps* commandé par le relais de marche à gauche G et que réciproquement le circuit de ce dernier passe par le poussoir *p's*. Lorsque les relais sont au repos, les poussoirs établissent la continuité du circuit (contacts sur la bague métallique, comme le représente la figure 99). Si l'un des relais est actionné, le poussoir correspondant sollicité par un ressort se relève et rompt le circuit de l'autre relais ; ainsi on est assuré de ne pas commander simultanément la marche à droite et à gauche, ce qui risquerait de mettre la source en court-circuit. Disons que le poussoir de *mise en cascade pt* intercalé sur le circuit du relais IV forme une interruption tant que le relais III n'a pas été actionné ; lorsque le relais III a été actionné l'interruption cesse et le relais IV peut à son tour être abaissé. Nous avons indiqué précédemment la raison de cette disposition de sécurité. Enfin, ainsi que nous l'avons vu pour les treuils à munitions, le circuit des relais commandant le rhéostat n'est en communication, par une extrémité, avec le pôle — S de la source, par l'intermédiaire du contact K, que si l'un des deux relais D ou G est abaissé.

238. — Rien n'empêche, si ce n'est l'occlusion des relais dans une caisse fermée, d'actionner ces relais à la main, en appuyant sur leurs leviers ; c'est là d'ailleurs une ressource suprême, en cas d'avarie du commutateur de manœuvre situé dans la tourelle ; mais cette manœuvre des relais à la main nécessiterait des précautions pour être opérée sans danger pour les appareils, précautions qui apparaîtront clairement par la suite. La commande régulière des relais et par suite la manœuvre des électromoteurs se fait à l'aide d'un commutateur de commande ou *manipulateur* placé dans

la tourelle ; grâce à ce manipulateur, de petites dimensions d'ailleurs, les cinq électro-aimants des relais vont pouvoir à volonté être excités, déterminer l'attraction de leurs leviers et établir les liaisons entre le moteur et la source que nous avons relatées ci-dessus.

289. Manipulateur. — Extérieurement, le manipulateur, placé dans la tourelle, a la forme d'une boîte ovale de 23 centimètres de diamètre, avec un levier de manœuvre L en forme de manivelle centrée sur l'axe de la boîte (*fig. 100*).

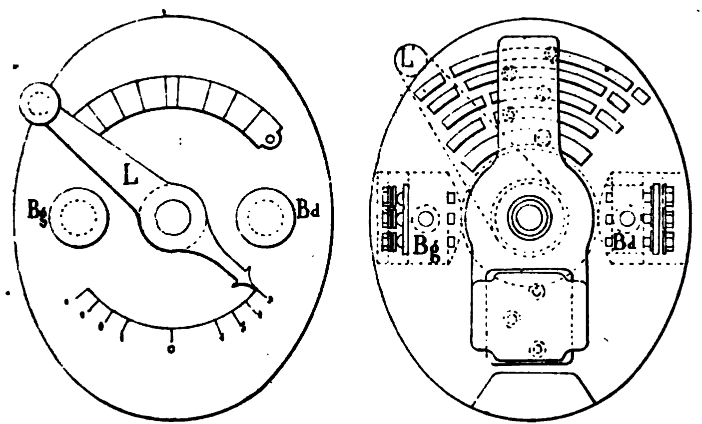


Fig. 100. — Commande électrique du pointage latéral des tourelles du *D'Entrecasteaux* ; manipulateur.

Ce levier de manœuvre est terminé par un index qui se déplace sur une graduation portant les indications o et 1, 2, 3, 4 à droite et à gauche. Lorsqu'on déplace le levier vers la *droite* ou vers la *gauche*, la tourelle se meut elle-même vers la droite ou vers la gauche, avec une vitesse d'autant plus grande que l'index se trouve vis-à-vis d'un numéro plus élevé, 1, 2, 3 et 4.

Lorsque le levier de manœuvre est abandonné à lui-même, un ressort le ramène automatiquement dans la position verticale ; l'index étant dans la position zéro, les moteurs électriques sont mis en court-circuit et la tourelle s'arrête brusquement.

Pour obtenir des déplacements de la tourelle de très petite amplitude, deux boutons à ressort B*d* et B*g* (*fig.* 99) permettent, en appuyant avec le doigt, de réaliser les connexions nécessaires pour la marche à droite ou à gauche *pendant un temps très court*. Cette disposition est absolument indispensable pour le pointage précis d'une tourelle.

290. — La figure 99 montre d'ailleurs schématiquement le manipulateur en C*m* et ses connexions avec le tableau des relais et la source. Le manipulateur comprend un secteur de contact + S relié en permanence au pôle positif de la source électrique ; les secteurs D et G sont reliés à l'une des extrémités du fil des électro-aimants des relais D et G (droite et gauche) ; les secteurs 2, 3, 4, à droite et à gauche, sont reliés à l'une des extrémités du fil des électro-aimants des relais II, III et IV. Le levier de manœuvre porte cinq contacts à ressort se promenant sur cinq circulaires dont font partie les secteurs dont il vient d'être question ; ces cinq contacts sont d'ailleurs en communication entre eux. Dès lors on conçoit que le déplacement du levier dans un sens a pour effet d'abord de relier le relais D, par exemple, au pôle positif + S de la source, puis, *en même temps,* le relais II, puis le relais III, puis le relais IV, suivant que le déplacement est plus accentué.

D'autre part, comme on le voit sur la figure 99, les relais D et G, ainsi que les relais II, III, IV ont une extrémité du fil de leur électro-aimant relié, plus ou moins directement, avec le pôle négatif de la source — S ; le déplacement du levier du manipulateur a donc pour effet d'exciter les électro-aimants des relais et par conséquent d'établir, comme nous l'avons dit, les connexions entre les électromoteurs, la source et le rhéostat permettant de manœuvrer la tourelle à droite ou à gauche plus ou moins rapidement.

291. — Le fonctionnement des boutons à ressort B*d* et B*g* se comprend aisément. On voit que, lorsqu'ils sont rele-

vés (*fig.* 99), les boutons établissent une communication entre des contacts à ressort *a* et *b* d'une part, *a'* et *b'* d'autre part. Lorsqu'on appuie sur l'un d'eux, B*d*, par exemple, la communication est rompue entre *a* et *b* et elle est établie d'abord entre deux contacts *c* et *d* puis entre *c*, *d*, *e*, si l'on enfonce davantage le bouton. D'autre part, si le levier de manœuvre est à ce moment dans la position zéro (repos), des contacts portés par ce levier, en dehors de ceux dont nous avons parlé déjà plus haut, établissent une communication entre le plot α et le secteur + S, en même temps que les plots μ, ε et ε' sont mis en communication entre eux. Comme le contact *d* est relié au fil venant du relais D, que le contact *c* est relié au contact *b'* et, par suite, puisque le bouton B*g* est supposé relevé, au plot α et au pôle positif + S de la source, l'abaissement du bouton B*d* actionne le relais D et fait tourner la tourelle vers la droite ; en même temps, si l'on a enfoncé le bouton B*d* à bloc, puisque le contact *e* est relié au plot ε, et que le plot μ est relié au fil venant du relais II, ce dernier est également actionné et la vitesse de rotation de la tourelle est la vitesse n° 2.

292. — Les connexions assez compliquées qui existent entre ces plots et ces contacts, dépendant du fonctionnement des boutons B*d* et B*g*, ont été entraînées par la résolution prise d'empêcher toute fausse manœuvre, *même volontaire*.

Ainsi qu'on peut le remarquer, pendant la manœuvre au moyen du levier, il est impossible d'actionner en même temps les deux relais D et G, ce qui mettrait la génératrice en court-circuit ; il faut que, même en appuyant en même temps sur les deux boutons, le danger de court-circuit n'existe pas davantage ; c'est pour cette raison que le contact *c* n'est pas directement relié au pôle positif de la source, mais qu'il existe une interruption intermédiaire *a'b'* qui n'est fermée que lorsque le bouton B*g* n'est pas lui-même poussé. Lorsqu'on a mis en marche la tourelle en appuyant sur le bouton B*d*, si l'on appuie aussi sur le bouton B*g*, il

n'en résulte aucune avarie, mais le relais D qui était actionné se relève et les électromoteurs du pointage latéral sont mis en court-circuit absolument comme lorsque les deux boutons B*d* et B*g* sont relevés.

Pour la même raison, comme le plot *α* n'est en communication avec le secteur + S que lorsque le levier de manœuvre est au repos, il est impossible d'établir en même temps les communications avec le levier de manœuvre pour marcher à gauche, par exemple, et avec le bouton B*d* pour marcher à droite, ce qui aurait pu amener encore le court-circuit de la génératrice. Lorsqu'on manœuvre le levier et qu'on appuie en même temps sur un bouton, la tourelle obéit au levier seulement.

Dans beaucoup des installations plus récentes, un certain nombre des sécurités que nous venons d'indiquer ont été supprimées, ce qui a simplifié les connexions. Il est évident par exemple que, si on peut compter *absolument* sur le fonctionnement des poussoirs de sécurité *ps* du tableau des relais, qui font commander le circuit des relais D et G l'un par l'autre, on peut supprimer les interruptions *a b*, *a' b'* ainsi que les plots *α*, *ε*, *ε'* et *μ*, les contacts *c* et *c'* étant en permanence reliés au secteur + S, les contacts *d* et *g* aux secteurs D et G, les contacts *e* et *e'* au secteur 2 du manipulateur. Mais cette seule sécurité des poussoirs du tableau peut manquer à un moment donné, et de ce que des installations plus simples ont parfaitement fonctionné, il n'en faut pas conclure qu'elles le feront toujours et qu'il est par suite inutile d'établir de doubles sécurités. Nous devons ajouter toutefois qu'il ne faut pas néanmoins trop les multiplier.

293. — Lorsque le pointage de la tourelle a été *dégrossi* au moyen du levier de manœuvre qui permet déjà, grâce aux quatre vitesses qu'il donne, d'obtenir une assez grande approximation, ce pointage est achevé au moyen des boutons sur lesquels on appuie alternativement pendant des temps

variables à volonté. Comme ces boutons sont assez doux à manœuvrer, comme l'arrêt de la tourelle est pour ainsi dire instantané aussitôt que les boutons sont relevés, on peut obtenir des déplacements de la tourelle presque imperceptibles et, par suite, un pointage avec visée véritablement exact, sans apprentissage spécial, sans par exemple qu'on soit forcé de cesser l'*impulsion* communiquée à la tourelle un peu avant la position qu'on *désire* lui voir occuper, comme cela a lieu avec la manœuvre hydraulique.

294. — Comme on vient de le voir, la manœuvre des relais au moyen du manipulateur ne nécessite aucune espèce de précaution, toute fausse manœuvre étant impossible. L'actionnement des relais à la main, lors d'une avarie du manipulateur ou des fils qui y conduisent, ne pourrait se faire avec la même sécurité qu'avec beaucoup d'attention. Aussi a-t-il paru plus sûr, pour permettre de manœuvrer la tourelle en cas d'avarie du manipulateur placé dans cette tourelle, d'en installer un second près du tableau des relais, sous le pont cuirassé par conséquent. Nous avons dit qu'aucune fausse manœuvre ne peut résulter de la présence de deux manipulateurs, même si on venait à les manœuvrer ensemble.

295. Régulateur centrifuge. — Nous voyons sur la figure 99 que le relais III est relié au manipulateur de la tourelle et que, si ce dernier est manœuvré convenablement, ce relais peut être mis en communication avec le pôle positif + S de la génératrice; mais en outre ce relais est relié plus directement avec le même pôle positif en passant par une interruption *v*, interruption fermée ou ouverte suivant que le pont *v'* appuie ou non sur ses contacts. Or ce pont *v'* dépend d'un système à masses centrifuges V commandé par l'axe de rotation d'un des électromoteurs du pointage latéral. Lorsque les moteurs sont au repos ou que leur vitesse ne dépasse pas une certaine valeur assez faible V_1, le

pont ferme l'interruption et celle-ci est ouverte lorsque la vitesse est supérieure à V_1. Ceci posé, on voit qu'au départ, pour favoriser le démarrage, le relais III est toujours actionné automatiquement, même si le manipulateur de la tourelle n'a pas été manœuvré jusqu'à la troisième vitesse. Mais aussitôt que le démarrage a eu lieu et que la vitesse dépasse la valeur V_1, le régulateur V rompt le contact *vv'* et le relais III se relève pour ne plus être actionné que volontairement par la manœuvre du manipulateur. Cette disposition, ou une autre analogue, permet seule de réaliser pour la rotation des tourelles les très petites vitesses qu'il est nécessaire d'obtenir pour pointer exactement (**I, 298**).

296. — Nous avons vu, en effet, que lorsqu'on veut obtenir de petites vitesses pour un électromoteur il faut introduire dans son circuit une résistance supérieure à celle qui conviendrait pour un démarrage franc. Ici le démarrage n'est toujours assuré qu'en conservant dans le circuit des moteurs seulement la fraction de la résistance commandée par le relais IV, c'est-à-dire la dernière fraction. Pour marcher à petite vitesse, on a prévu l'introduction dans le circuit de deux autres portions du rhéostat, commandées par les relais II et III. De sorte que, pour démarrer, il faudrait d'abord porter l'index du manipulateur de la tourelle à la position 3 puis revenir à la position 1, une fois le démarrage effectué, si l'on voulait marcher à petite vitesse; encore devrait-on revenir de temps en temps à la position 3, si la tourelle menaçait de stopper, pour se remettre de nouveau à la position 1. Ces manœuvres successives nécessiteraient de la part de l'opérateur de l'attention et de la réflexion, alors que cet opérateur doit concentrer toute son attention sur le pointage de la tourelle; aussi le régulateur a-t-il pour mission de rendre automatiques l'actionnement du relais III lors du démarrage ou d'un ralentissement trop accentué, et le relevage du même relais III lorsque le démarrage est effectué et que la vitesse se maintient suffisante.

De cette manière, pour marcher à très petite vitesse, on se contentera de laisser le manipulateur dans la position 1 ou d'enfoncer légèrement l'un des boutons. Si l'on observe le relais III, on le voit alors, le plus souvent, s'abaisser et se relever successivement, suivant les variations du frottement de la tourelle.

297. Limiteur d'intensité. — Nous avons dit que le circuit des relais II, III, IV n'est relié au pôle négatif — S, par l'intermédiaire de l'un des contacts *k*, que si l'un des deux relais D ou G est préalablement abaissé. Même si le manipulateur est manœuvré vivement, il ne peut donc arriver que l'un des relais II, III, IV soit actionné tout d'abord, supprimant une partie de la résistance du rhéostat, puis ensuite l'un des relais D ou G, fermant ainsi le circuit des électromoteurs au repos sur une résistance réduite, d'où risque d'avaries. Nécessairement, et quelque imprudent que soit l'homme manœuvrant le manipulateur, l'un des relais D ou G est actionné, fermant le circuit des moteurs avec toute la résistance, puis, seulement après, les relais II, III et IV, suivant la position du levier de manœuvre.

298. — Dans le même ordre d'idées, pour éviter que, dans une manœuvre trop vive du manipulateur, la résistance du rhéostat ne soit supprimée tout entière brusquement, le fil du relais IV, dont l'actionnement prématuré pourrait provoquer cette fausse manœuvre, avant de monter au manipulateur de la tourelle, passe par le *contact de mise en cascade pt* commandé par le relais III. Comme ce contact est interrompu tant que le relais III n'a pas été lui-même actionné, on voit que nécessairement l'ordre de l'abaissement des relais est le suivant : relais D ou G, relais II et III, puis enfin relais IV. Autrement dit, on passera successivement, qu'on le veuille ou non, par la marche à petite, à moyenne et à grande vitesse.

299. — Enfin, malgré toutes ces précautions contre les manœuvres maladroites, il peut encore arriver que, par suite d'un frottement anormal, la tourelle en marche soit arrêtée complètement ou ait son mouvement considérablement ralenti. Si à ce moment toute la résistance se trouvait supprimée du circuit des moteurs électriques, en vue de la marche à grande vitesse, l'augmentation du courant pourrait être dangereuse en se prolongeant. Pour éviter cette cause d'avarie, on a imaginé le *limiteur d'intensité* L*i*. Il est constitué (*fig.* 99) par un électro-aimant *el* enroulé de gros fil et intercalé sur le trajet du conducteur reliant le pôle positif de la source + S au tableau des relais ; l'armature en fer de cet électro-aimant est portée par un levier mobile autour d'un axe *o* et rappelé par un ressort antagoniste *r*. A l'autre extrémité du levier se trouve un pont *pl* isolé qui, sous l'action du ressort *r*, ferme une interruption ménagée sur le fil reliant le relais IV au manipulateur de la tourelle. En temps ordinaire, cette interruption est donc sans effet ; mais si l'intensité du courant vient à dépasser une certaine limite qu'on s'est fixée, l'armature est attirée par l'électro-aimant malgré le ressort *r*, et le pont *pl* quittant ses contacts, l'interruption existe sur le courant du relais IV ; par conséquent ce relais cesse d'être actionné, s'il l'était, et la dernière portion au moins de la résistance est introduite dans le circuit des électromoteurs conjurant le danger d'avaries. Lorsque l'exagération de l'intensité n'est que momentanée, les choses se rétablissent comme auparavant, aussitôt que l'intensité a repris une valeur raisonnable.

300. Interrupteurs de sécurité à bout de course. — Lorsque la tourelle mise en mouvement par le pointeur est sur le point d'arriver à bout de course, à droite ou à gauche, elle actionne, par une came placée sur le fût-pivot, un poussoir interrupteur à ressort I*d* ou I*g* (*fig.* 99) intercalé sur le circuit du relais D ou du relais G. De cette manière, même si le pointeur continue d'appuyer le ma-

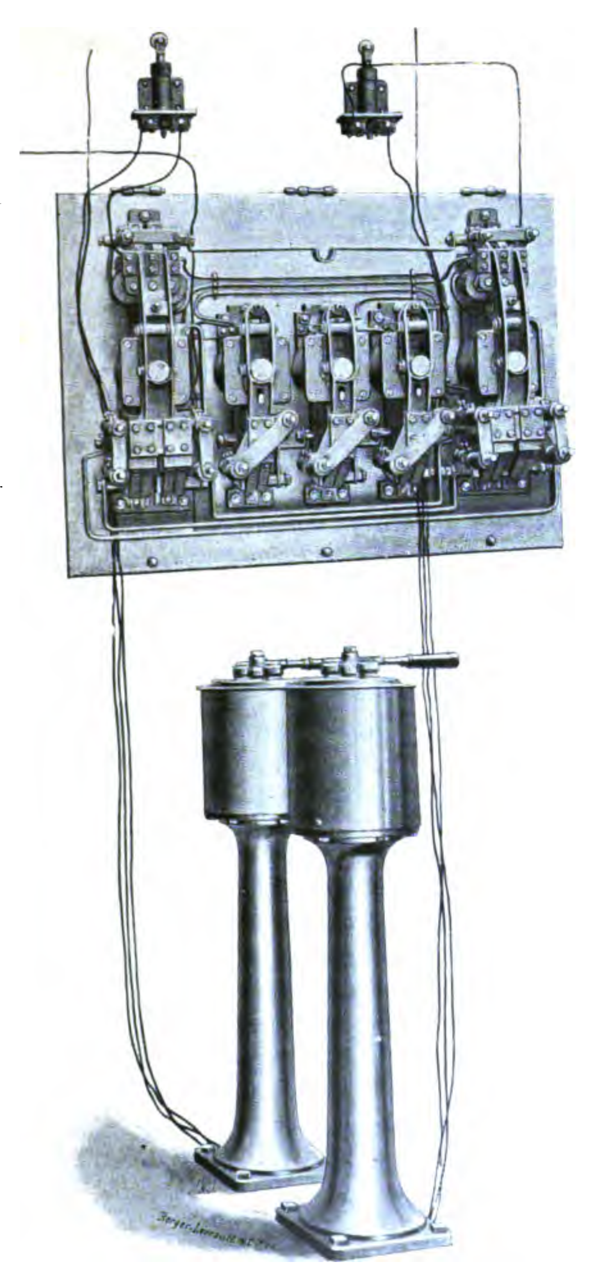


Fig. 101. — Tableau de relais pour le pointage latéral d'une tourelle, système *Sautter et Harlé* ; vue d'ensemble.

nipulateur vers la droite ou vers la gauche, le relais correspondant ayant son circuit ouvert se relève et la tourelle cesse de tourner dans ce sens ; il est clair cependant que rien n'empêche de mettre en marche dans le sens opposé, puisque l'interrupteur correspondant est resté fermé. Cette sécurité, *indispensable* puisque le pointeur ne peut être astreint à surveiller l'arrivée à bout de course, est obtenue, on le voit, le plus facilement du monde, dans le système des relais.

301. — La figure 101 représente l'ensemble d'un tableau de relais avec les interrupteurs de fin de course et deux manipulateurs placés dans la tourelle ; ces deux manipulateurs identiques desservent deux canons jumelés.

302. Variantes de l'installation précédente. — Le type d'installation que nous venons de décrire en détail a été reproduit sans modification essentielle sur un certain nombre de navires (*Saint-Louis*). Toutefois, certains changements ont parfois été apportés quand, par exemple, la réduction de la masse de la tourelle à faire mouvoir permettait des simplifications. C'est ainsi que pour les tourelles renfermant un seul canon de 194, on a souvent employé *un seul électromoteur* au lieu de deux en tension. De plus, le nombre des vitesses est réduit à trois ; il n'y a que deux relais pour commander le rhéostat, les relais II et III. Dans ce cas, le relais III est en cascade avec II, et le circuit de ce relais III passe par le limiteur d'intensité ; c'est le relais II qui est commandé par le régulateur centrifuge (*Montcalm*).

303. — Nous devons ajouter que sur ce navire, comme sur beaucoup d'autres actuellement, la tourelle n'a plus de fût-pivot et elle est munie d'une couronne dentée ; celle-ci est entraînée par un pignon monté sur l'axe d'une roue striée engrenant avec une vis globique qui reçoit directement son mouvement de l'axe de l'induit de l'électromoteur.

304. Pointage électrique latéral des tourelles du « Gaulois » et du « Charlemagne ». — Comme second exemple, nous donnerons les tourelles de 305 du *Gaulois* et du *Charlemagne* parce que des particularités dérivent de l'accouplement des génératrices tantôt en tension tantôt en quantité (**173**).

La figure 102 est le schéma des connexions entre les divers appareils.

Ceux-ci comprennent :

Un *tableau de relais* T ;

Un *manipulateur* Cm ;

Un *commutateur automatique* Ca ;

Un *limiteur d'intensité* Li ;

Un *régulateur centrifuge* V ;

Divers *interrupteurs de sécurité* Id, Ig, Ie.

305. *Dispositions générales.* — On a représenté en S les câbles venant du tableau de distribution alimenté par les génératrices. Nous rappelons ce que nous avons dit pour les monte-charges (**173**), à savoir que lorsque les deux dynamos d'un même ensemble sont couplées en tension, on a :

160	volts entre	les câbles	A*s* et B*s* ;
80	—	—	B*s* et C*s* ;
80	—	—	C*s* et A*s*.

Si les dynamos sont couplées en quantité, on a :

80	volts entre	les câbles	A*s* et B*s* ;
80	—	—	B*s* et C*s* ;
0	—	—	C*s* et A*s*.

306. — Deux moteurs I et I' accouplés en tension sont employés pour chaque tourelle, comme dans l'installation du *D'Entrecasteaux* décrite précédemment.

Ils agissent tous deux sur la tourelle aux extrémités d'un même diamètre, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, d'une

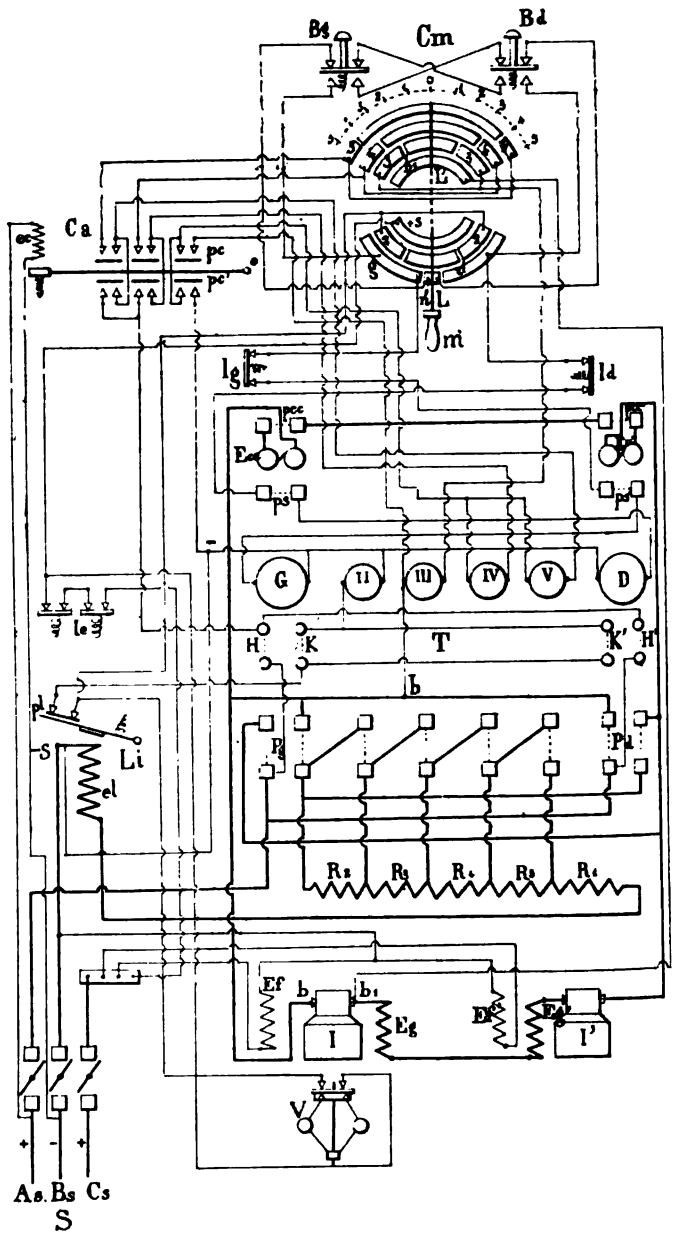


Fig. 102. — Commande électrique du pointage latéral des tourelles du *Gaulois* et du *Charlemagne*; schéma des connexions.

roue striée et d'une chaîne Galle ; la disposition mécanique est, d'une manière générale, semblable à celle qui est représentée dans la figure 98, sauf que, dans le cas présent, les chaînes Galle des deux moteurs entraînent directement le fût-pivot de la tourelle et ne sont pas enroulées sur une couronne de grand diamètre rapportée sur celui-ci, comme dans l'installation précédente.

Notons seulement qu'un limiteur d'effort par glissement, analogue à ceux dont nous avons relaté l'existence dans les treuils à munitions (**93**), est ménagé entre la roue striée engrenant avec la vis sans fin et l'arbre du pignon denté qui entraîne la chaîne Galle.

Les deux moteurs sont excités en dérivation et ces excitations de fil fin E*f* et E*f'* sont prises séparément entre les câbles B*s* et C*s*, c'est-à-dire toujours à 80 volts, quel que soit le mode de couplage des dynamos génératrices. On a représenté en E*g* et E*g'* les enroulements de gros fil placés sur des électro-aimants redresseurs de champ (**I, 257**); les enroulements restent en permanence en série avec les induits et le courant y change de sens comme dans ces derniers, suivant qu'on marche vers la droite ou vers la gauche, ainsi que cela est d'ailleurs nécessaire.

307. *Tableau des relais*. — Le tableau des relais comprend deux relais doubles D et G, pour la marche à *droite* et à *gauche*, et quatre relais simples II, III, IV et V, destinés à mettre en court-circuit les fractions R_2, R_3, R_4 et R_5 de la résistance d'un rhéostat de démarrage et de réglage. Il faut remarquer que, comme pour le monte-boulets (**174**), chacun de ces relais met en court-circuit, d'une manière indépendante, les portions du rhéostat correspondantes. La résistance R_1 reste en permanence en série avec les deux induits.

Les communications entre les plots P*g*, sur lesquels viennent s'appuyer les ponts du relais G et les plots P*d* correspondant au relais D, soit avec la source, soit avec les in-

duits des électromoteurs, soit entre eux, sont indiquées comme toujours par de gros traits et ne présentent aucune particularité. On voit seulement que le courant des induits étant pris entre les câbles A*s* et B*s*, on fonctionne, suivant le couplage des génératrices, à 160 ou à 80 volts.

La mise en court-circuit des induits, lorsqu'aucun des relais D ou G n'est abaissé, est toujours obtenue par la réunion des ponts *pcc* et *pcc'* et assurée par les électros E*cc* et E*cc'*.

Le circuit du relais D passe par une interruption de sécurité *ps* qui n'est fermée que lorsque le relais G est relevé, et le circuit de G comprend une interruption *ps'* fermée seulement lorsque D est relevé. Cette sécurité, que nous avons vue fréquemment, est ici indispensable, parce que, comme nous le dirons plus loin, plusieurs postes de commande des relais existent d'où il serait possible d'actionner simultanément les relais D et G et de mettre par suite la source en court-circuit, si la sécurité que nous venons de signaler n'existait pas.

308. — Pour être assuré que les diverses portions de la résistance du rhéostat ne seront pas mises en court-circuit avant le démarrage, on a d'abord ménagé sur les circuits des relais commandant ces résistances diverses interruptions qui sont fermées seulement quand les relais D ou G sont abaissés. Ainsi, sur le circuit du relais II est intercalée l'interruption K ou l'interruption K', fermées quand G ou D sont abaissés. Sur le circuit des relais IV et V, lorsqu'on fonctionne à 80 volts seulement, sont intercalées les interruptions H ou H' fermées également par l'abaissement du relais G ou du relais D.

309. *Manipulateur.* — Le manipulateur C*m* est placé dans la tourelle, sous la main du pointeur. Il comprend : un certain nombre de secteurs *g* et *d*, 2, 3, 4, 5, relié aux relais correspondant à ces indications ; un secteur + *s* relié

au câble C*s* et un secteur b_1 relié à l'un des balais de l'électromoteur I. Un levier de manœuvre comprenant deux parties métalliques L et L′ isolées l'une de l'autre permet, si on le fait tourner autour de l'axe du commutateur, d'établir des communications diverses entre les secteurs, c'est-à-dire entre la source et les relais. Un cadran portant des indications permet de se rendre compte de la position du levier de manœuvre. Bien entendu, le levier revient de lui-même à la position de repos, marquée ici o (*zéro*), lorsqu'on cesse d'agir à la main sur lui.

Si on porte la manette *m* à droite, de manière que la direction du levier soit celle marquée 1, on voit que la partie inférieure L du levier met en communication avec + *s* une des extrémités du relais de marche à droite D; si on prononce davantage l'inclinaison du levier sur la position marquée 2, on met en communication, par L, les secteurs *d* et 2 avec le secteur + *s*; dans la direction 3, les secteurs *d* et 2 sont toujours reliés à + *s* par L et, de plus, en haut, la partie supérieure L′ du levier relie le secteur b_1 au secteur 3; dans la position marquée 4, en outre des communications précédentes, le secteur 4 est mis en communication par L′ avec b_1; enfin, dans la position 5, le secteur 5 communique avec b_1, tandis que toutes les autres communications restent établies. Nous verrons plus loin que les diverses positions du levier correspondent à des vitesses de plus en plus grandes pour les électromoteurs.

310. — Des boutons B*d* et B*g* permettent de donner de petites impulsions à la tourelle, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut (**293**), pour parachever un pointage dégrossi au moyen du levier du manipulateur.

On voit sur la figure 102 que si on presse sur le bouton B*d*, par exemple, on met en communication le secteur *d* (extrémité de l'enroulement du relais D) avec le petit secteur *n* situé entre les secteurs *d* et *g*, à la condition toute-

fois que le bouton B*g* ne soit pas lui-même pressé. Or ce secteur *n* est mis en communication avec le secteur + *s*, lorsque le levier L est ramené dans la position de repos, et seulement dans ce cas; on est ainsi prémuni contre les avaries qui pourraient résulter d'une manœuvre contraire faite au moyen des deux boutons ou au moyen de l'un d'eux et du levier du manipulateur.

311. — Ajoutons que chaque tourelle possède deux manipulateurs, un pour chaque canon. Les huit conducteurs (fils de petite section), qui vont rejoindre les secteurs de ce second manipulateur, sont greffés sur les huit conducteurs qui vont au premier. On peut manœuvrer simultanément les leviers des deux manipulateurs; aucune avarie n'est à craindre puisqu'on a prévu au tableau des relais une sécurité empêchant que les deux relais de marche contraire D et G puissent être actionnés simultanément. En pratique, on opère naturellement avec un seul manipulateur, l'un ou l'autre, suivant le canon qui doit être pointé.

312. *Commutateur automatique.* — Ce commutateur C*a* se confond avec celui des monte-charges (**180**); un seul électro-aimant *ec* agit sur une armature portée par un levier oscillant autour d'un axe *o* et rappelée par un ressort antagoniste. Ce levier porte, au-dessus et au-dessous, cinq ponts pouvant établir des communications entre des contacts rapprochés deux à deux et reliés aux relais ou aux autres appareils. Il y a ainsi cinq paires de ponts dont l'une est utilisée pour le monte-gargousses, une autre pour le monte-boulets (c'est celle qui est représentée en *pc* et *pc'* dans la figure 64), les trois autres pour le pointage en direction que nous étudions actuellement; nous avons représenté, en *pc* et *pc'*, ces trois dernières paires dans la figure 102. L'électro-aimant *ec* est dérivé entre les câbles A*s* et B*s* entre lesquels existe, suivant le couplage des génératrices, une différence de potentiel de 160 ou de 80 volts. Le ressort antagoniste de

l'armature de l'électro-aimant est réglé de manière que le levier soit attiré par *ec* pour 160 volts et non pour 80 volts. Dans le premier cas, ce sont les ponts supérieurs *pc* qui appuient sur leurs contacts ; ce sont, au contraire, les ponts inférieurs *pc'* qui établissent les communications lorsqu'on fonctionne à 80 volts, avec les génératrices couplées en quantité.

313. — A 160 volts, les ponts *pc* établissent les connexions suivantes :

1° Une des extrémités des relais IV et V est reliée à l'une des extrémités du relais III et les trois fils réunis communiquent avec le balai *b* du moteur I ;

2° La seconde extrémité du relais IV est reliée aux secteurs 4 du manipulateur ;

3° La seconde extrémité du relais V est reliée aux secteurs 5 du manipulateur.

314. — A 80 volts, les ponts *pc'* établissent les connexions suivantes :

1° Une des extrémités des relais IV et V est reliée directement au câble B*s* (pôle négatif de la source) ;

2° La seconde extrémité du relais IV est reliée, par l'une des interruptions H ou H' et les plots P*g* ou P*d*, au câble A*s* ;

3° La seconde extrémité du relais V est pareillement reliée par H ou H' et P*g* ou P*d* au câble A*s*.

Il résulte de là qu'à 160 volts la mise en court-circuit des portions R_4 et R_5 du rhéostat ne peut se faire qu'en agissant sur le manipulateur ; à 80 volts, la suppression de ces résistances R_4 et R_5 est immédiate aussitôt que l'un des relais D ou G a été actionné.

315. *Limiteur d'intensité.* — Le limiteur d'intensité L*i* se compose d'un électro-aimant à gros fil *el* intercalé sur le conducteur allant du câble B*s* (négatif de la source) au tableau des relais. Lorsque l'intensité débitée dépasse une

valeur limite, l'armature du relais est attirée et le pont *pl* cesse d'appuyer sur ses contacts, créant ainsi une interruption sur le fil reliant le relais II aux secteurs 2 du manipulateur, ou sur le fil reliant ce même relais II au câble C*s*, en passant par le régulateur centrifuge V. Quand le limiteur d'intensité fonctionne, la résistance R_2 ne peut donc être mise en court-circuit et elle reste toujours en série avec l'induit.

316. *Régulateur centrifuge.* — Le régulateur V à masses centrifuges, mis en mouvement par l'induit I, met directement en communication avec le câble C*s* l'une des extrémités du relais II, lorsque la vitesse est nulle ou faible. Comme l'autre extrémité du relais II est en permanence reliée au câble B*s* (pôle négatif de la source), ce relais est donc actionné au démarrage, aussitôt que l'un des relais D ou G ayant été abaissé, l'une des interruptions K ou K′ est fermée, même si le manipulateur reste dans la position 1. Le démarrage effectué, le régulateur de vitesse crée une interruption sur la communication directe avec le câble B*s*, et le relais II ne peut plus être actionné que par le manipulateur, lorsqu'on porte son levier sur la position 2. Nous avons, à diverses reprises, expliqué l'utilité de cette disposition (**295**).

317. *Interrupteurs de sécurité.* — On a représenté, en I*d* et I*g*, les interrupteurs de sécurité actionnés par la tourelle, à bout de course, à droite et à gauche; ils sont intercalés sur les fils reliant les relais D ou G au manipulateur.

En I*e* on a figuré des interrupteurs commandés par l'embrayage à bras; intercalés, à tribord et à bâbord, sur le fil reliant le secteur + *s* du manipulateur au câble C*s*, ils ne permettent la manœuvre électrique que si la manœuvre à bras n'est pas embrayée.

318. *Fonctionnement à 160 volts.* — Au repos, tous les relais sont relevés, le limiteur d'intensité appuie le pont *pi*

sur ses contacts, le commutateur automatique appuie les ponts supérieurs *pc* sur les contacts, le régulateur de vitesse V ferme l'interruption qu'il commande et enfin les interruptions I*e* sont fermées.

Supposons qu'on porte la manette *m* du manipulateur sur la droite, de manière que le levier occupe la position marquée 1. Le circuit du relais D est complet entre le câble négatif B*s* et le câble C*s*, par *ps*, I*d*, secteur *d* du manipulateur, secteur + *s*, I*e*; le relais D est donc actionné ; alors le relais II a son circuit fermé par : B*s*, relais II, K', *pl*, régulateur V, I*e*, C*s*; la résistance R_2 étant mise en court-circuit, le démarrage s'effectue. Puis le régulateur V interrompt le circuit du relais II et la résistance R_2 est remise en circuit et on marche ainsi à très petite vitesse, vers la droite.

Si on porte davantage la manette *m* sur la droite, de manière que le levier occupe la position 2, le circuit du relais II est de nouveau complet par : B*s*, K', *pl*, secteur 2 du manipulateur, secteur + *s*, I*e*, C*s*; la résistance R_2 étant shuntée, la vitesse s'accélère, toujours vers la droite.

Dans la position 3 du manipulateur, les relais D et II restent actionnés et de plus le relais III est lui-même excité, son circuit étant fermé, entre le balai *b* de l'induit I et le balai b_1 par le secteur 3 du manipulateur et le secteur b_1 réunis par le levier L'. Le relais III n'attire son armature que si la différence de potentiel entre les balais *b* et b_1 du moteur est suffisante, ce qui suppose que le démarrage et l'accélération précédemment indiquée se sont effectués dans les conditions normales ; un réglage du ressort antagoniste de ce relais III est nécessaire. Nous avons signalé plusieurs fois une disposition analogue.

Pareillement, le circuit des relais IV et V sera fermé entre *b* et b_1 lorsqu'on portera le manipulateur sur les positions 4 et 5 ; ici le commutateur automatique intervient par les ponts *pc*. Si on a réglé convenablement les ressorts de ces relais et si les moteurs marchent normalement, les résis-

tances R_3, R_4 et R_5 ayant été *successivement* mises en court-circuit, la vitesse s'est accrue progressivement jusqu'à atteindre sa plus grande valeur, la tourelle tournant toujours vers la droite, jusqu'à ce que l'interrupteur à bout de course I*d* arrête le mouvement en rompant le circuit du relais D.

Lorsqu'on abandonne le levier du manipulateur, il revient de lui-même au repos et les moteurs sont mis en court-circuit.

319. — Pour achever le pointage, on peut appuyer sur le bouton B*d* ; on voit sur la figure 102 qu'on actionne ainsi le relais D, par l'intermédiaire du pont supérieur porté par le bouton B*g*, du secteur *n* et du secteur + *s* en communication par le levier L dans la position de repos ; en même temps, puisqu'on part du repos, le relais II est actionné, grâce au régulateur V, le démarrage étant ainsi assuré.

320. *Fonctionnement à 80 volts.* — Au repos, tous les relais sont relevés, le limiteur d'intensité n'est pas actionné, le régulateur V ferme l'interruption qu'il commande et le commutateur automatique abaisse les ponts *pc'* sur les contacts correspondants. Par suite, les relais IV et V sont en permanence mis en dérivation entre le câble B*s* et les contacts H et H' ; lorsqu'un des relais D ou G aura été actionné, comme H ou H' est alors relié au câble A*s*, les relais IV et V seront excités à 80 volts, sans qu'on ait besoin d'agir sur le manipulateur, et les résistances R_4 et R_5 seront mises en court-circuit par le seul fait de l'abaissement de l'un des relais D ou G. D'autre part, le relais III reste dérivé entre le balai *b* et les secteurs 3 du manipulateur et rien n'est changé pour le relais II.

Si donc on porte la manette du manipulateur sur la droite, dans la position 1, le relais D est excité à 80 volts entre les câbles C*s* et B*s*, comme précédemment ; en même temps, le relais II est excité par l'intermédiaire du régulateur V,

ainsi que nous l'avons expliqué ; les résistances R_4 et R_5 sont pareillement shuntées grâce au commutateur automatique *Ca*. Le démarrage se fait donc sur la résistance R_1 uniquement. Puis, le démarrage effectué, la résistance R_2 est remise en circuit ; en portant le manipulateur sur 2, puis sur 3, on met en court-circuit successivement les résistances R_2 et R_3 ; sur les positions 4 et 5 la vitesse est la même que sur la position 3. On a donc trois vitesses différentes seulement.

Lorsqu'on actionne les boutons B*d* ou B*g*, les relais IV et V s'abaissent en même temps que l'un des relais D ou G ; le relais II étant d'ailleurs actionné par V, il ne reste en circuit que la résistance R_3.

321. *Données de fonctionnement.* — Voici quelques données de construction et de fonctionnement pour les moteurs de pointage latéral. Ces moteurs ont un induit à tambour genre Brown ; l'inducteur est à quatre pôles, excité en dérivation, avec électro-aimants supplémentaires redresseurs du champ.

Résistance de l'induit	0,011	ohm
Résistance des électro-aimants redresseurs	0,004	ohm
Résistance de l'inducteur en dérivation.	12,8	ohms
Vitesse de rotation maximum	310	tours/m
Intensité du courant dans l'induit . .	60	ampères
Différence de potentiel fournie par la source.	160	volts

Le limiteur d'intensité est réglé à 180 ampères.

322. Manœuvre des tourelles du « Jauréguiberry ». — Des dispositions analogues à celles que nous venons d'étudier ont été prises pour le pointage latéral des

grosses tourelles du *Jauréguiberry*, parce que sur ce navire encore les deux génératrices constituant un même ensemble peuvent être couplées en tension. Nous avons donné quelques indications à ce sujet à propos des monte-charges (**166**); nous n'y reviendrons pas. Nous nous contenterons de signaler que sur ce seul cuirassé le *pointage vertical* des canons avait été prévu comme devant être fait électriquement d'une manière régulière. Bien que plusieurs dispositifs très ingénieux soient à relever dans cette installation, comme, par exemple, la mise *automatique* en position de chargement, nous ne ferons que signaler ce cas spécial, parce que le pointage vertical se fait actuellement toujours à bras. Pour le *Gaulois* et le *Charlemagne*, cependant, ainsi que nous l'avons vu (**171**), on avait encore prévu le pointage vertical éventuel au moyen d'électromoteurs, en utilisant accessoirement le mécanisme du monte-gargousses.

323. Pointage électrique latéral des tourelles du « Dupetit-Thouars ». — Nous avons reproduit schématiquement, dans la figure 103, les connexions de la commande électrique des tourelles du *Dupetit-Thouars* (tourelles de 194); cette disposition a été reproduite identiquement sur le *Gueydon;* les tourelles de 164 du *Suffren* ont reçu des installations analogues et les tourelles de 305 du même navire ont des commandes basées sur les mêmes principes, avec de légères variantes.

324. *Tableau des relais.* — Il comprend deux relais, *droite* et *gauche,* D et G, assurant par des ponts, quand ils sont abaissés, la communication des plots P*d* ou P*g* et reliant ainsi, comme toujours, la source S à l'induit I du moteur électrique, unique ici, de façon à assurer le pointage de la tourelle vers la droite ou vers la gauche.

Les deux relais ne peuvent être actionnés simultanément grâce aux *interrupteurs de sécurité ps, ps'* qui ne sont fermés que lorsque les leviers des relais sont relevés.

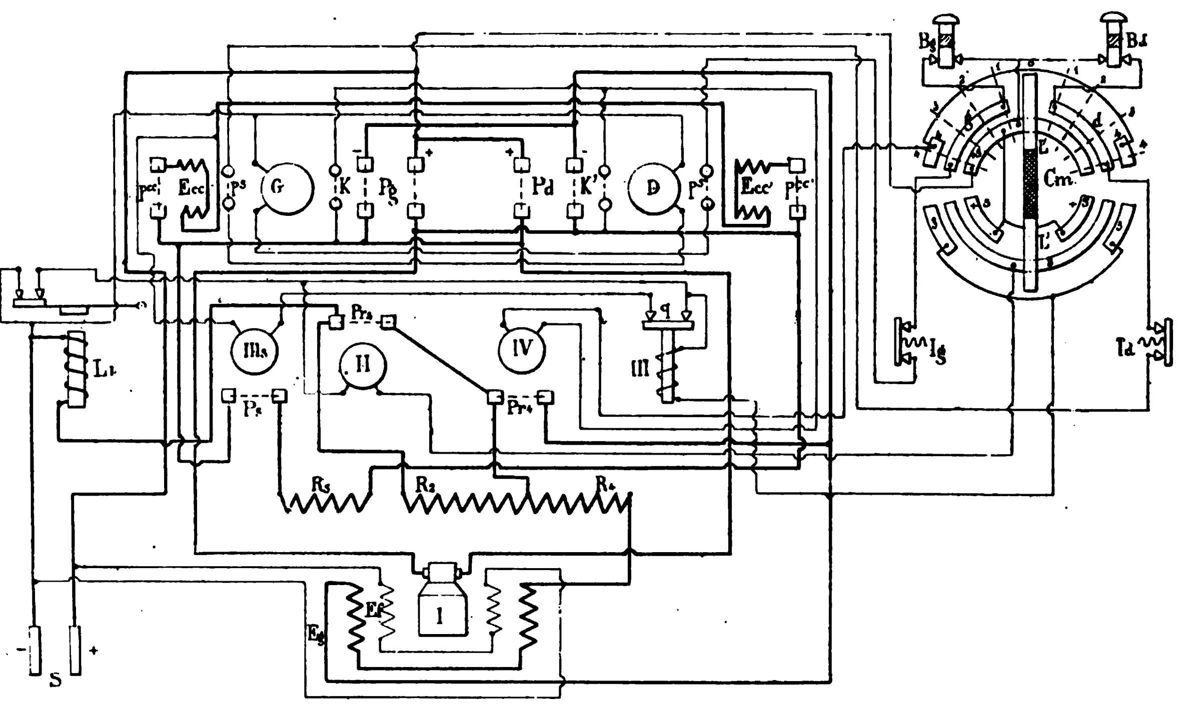


Fig. 103. — Commande électrique du pointage latéral des tourelles du *Dupetit-Thouars* ; schéma des connexions

Le court-circuit de l'induit est encore obtenu par la communication des plots *pcc* et *pcc'* établie par les relais D et G relevés et il est assuré par les électro-aimants E*cc* et E*cc'*. Des contacts K et K' établis lorsque les relais D ou G sont abaissés constituent des interrupteurs intercalés sur le circuit de l'un des relais commandant le rhéostat de réglage.

325. — Quatre relais permettent d'obtenir, après le démarrage, des vitesses croissantes. Le relais II, quand il est abaissé, met en court-circuit, par les plots Pr_2 réunis, la portion R_2 du rhéostat. Le relais IV met en court-circuit, par les plots Pr_4, la portion R_4 du rhéostat et l'enroulement de gros fil E*g* des inducteurs. Le relais III*s*, par les plots P*s* réunis, établit le shunt R*s* en dérivation entre les balais de l'électromoteur ; le circuit de ce relais passe par une interruption dépendant d'un pont *q* porté par le noyau du relais III. Lorsque ce dernier relais n'est pas excité, le pont *q* est en haut, l'interruption est fermée et le relais III*s* peut être excité. Si le relais III est actionné, le pont *q* s'abaisse et le relais III*s* n'est plus excité.

L'une des extrémités de l'enroulement des relais D, G, II, III et IV peut être mise, par la manœuvre du manipulateur C*m*, en communication avec le pôle positif de la source ; d'autre part, les relais D et G sont, par leur autre extrémité, reliés au pôle négatif de la génératrice ; ils fonctionnent donc à 80 volts. Il en est de même pour les relais II et III, sauf que la communication avec le négatif de la source est faite en passant par une interruption dépendant du *limiteur d'intensité*. Le relais IV communique par une extrémité, lorsque l'un des relais D ou G est abaissé, grâce au contact K' ou K, avec le balai de l'électromoteur qui est relié au pôle négatif de la source ; c'est donc entre les balais de l'électromoteur qu'est prise la dérivation qui éventuellement actionne le relais IV. Par suite, ce relais ne peut être actionné, si son ressort antagoniste est bien réglé, que lorsque le moteur a pris une vitesse suffisante ; grâce aux

interrupteurs K, il ne peut d'ailleurs être actionné avant l'un des relais D ou G. Nous avons vu souvent une telle disposition.

Quant au relais III*s*, il communique par une extrémité avec le pôle négatif de la source, si le relais III et le limiteur d'intensité le permettent ; par l'autre extrémité et grâce aux contacts *pcc* ou *pcc'*, il rejoint le balai de l'électromoteur qui est, suivant le sens du mouvement, en communication avec le pôle positif de la source.

326. *Manipulateur.* — Le manipulateur C*m*, placé comme toujours *au poste de commande* de la tourelle, comprend trois secteurs + *s* en communication avec le pôle positif de la source, deux secteurs *d* et *g* en communication avec les relais D et G, et des secteurs 2, 3 et 4 en communication avec les relais II, III et IV ; un levier de manœuvre en deux parties isolées L et L′ permet de mettre en communication le secteur + *s* avec les autres, quand on le porte vers la droite ou vers la gauche dans les positions 1, 2, 3 ou 4 ; on actionne ainsi les relais D ou G pour le démarrage, puis les relais II, III ou IV pour obtenir des accélérations de la vitesse.

Quatre vitesses peuvent être réalisées ainsi :

1° Position 1 du levier de manœuvre, à droite par exemple :

Le relais D seul est actionné pour la marche à droite, directement par le manipulateur.

Mais, comme le relais III n'est pas excité, le relais III*s* l'est alors et le shunt R*s* est mis en dérivation entre les balais.

Le moteur marche alors à *toute petite vitesse*, grâce à ce shunt et aussi à la résistance $R_2 + R_4 + Eg$ en série avec l'induit (**I, 300**). L'emploi de ce shunt remplace le régulateur centrifuge dont nous avons dit l'effet dans les installations précédentes (**295** et **316**).

2° Position 2 du levier de manœuvre :

Le relais D est toujours excité ;

Le relais II l'est aussi ;

Le relais III*s* continue à être actionné, parce que le relais III ne l'est pas.

Le moteur marche à droite à une vitesse moins faible que précédemment, la résistance R_2 étant supprimée du circuit et cette suppression ayant amené une première accélération.

3° Position 3 du levier de manœuvre :

Le relais D est toujours excité ;

Le relais II continue à l'être ;

Le relais III*s* cesse d'être excité, parce que le relais III est actionné.

Le moteur marche à droite encore plus vite que précédemment, grâce à la suppression du shunt R*s*.

4° Position 4 du levier de manœuvre :

Le relais D est excité ;

Le relais II est excité ;

Le relais III*s* n'est plus excité ;

Le relais IV est excité.

La résistance R_4 et le gros fil des inducteurs E*g* étant mis en court-circuit, ainsi que la résistance R_2, et le shunt R*s* n'existant plus entre les balais, on marche à la plus grande vitesse.

Si on abandonne le levier de manœuvre, il revient automatiquement au zéro et l'électromoteur mis en court-circuit s'arrête instantanément.

Il en serait de même pour la marche à gauche. Des boutons B*d* et B*g* permettent d'achever le pointage dégrossi ; ils fonctionnent à la toute petite vitesse.

327. *Limiteur d'intensité.* — Nous signalons pour mémoire l'existence du limiteur d'intensité L*i* dont nous avons plusieurs fois indiqué le rôle (**297**).

328. *Interrupteurs à bout de course.* — Comme toujours, des interrupteurs I*d* et I*g* sont actionnés par la tourelle à

bout de course à droite et à gauche ; ils sont intercalés sur le circuit des relais D et G.

329. *Remarque.* — Nous avons signalé l'inconvénient que présente cette disposition du shunt aux balais de l'électromoteur du pointage (**I, 300**), pour obtenir les petites vitesses. Nous avons vu par le calcul que l'intensité débitée aux petites vitesses peut être ainsi considérablement accrue. L'expérience a d'ailleurs confirmé les prévisions du calcul. Afin de permettre des applications numériques sur ce point intéressant, nous donnons les quelques renseignements nécessaires pour les installations du *Dupetit-Thouars* et du *Suffren :*

Dupetit-Thouars (tourelles de 194)	Résistance de l'induit du moteur	
	Résistance du gros fil inducteur	
	Résistance du rhéostat. .	1,4 ohm
	(Les deux fractions du rhéostat sont égales.)	
	Résistance du shunt. . .	1,1 ohm
Suffren (tourelles de 164,7)	Résistance de l'induit du moteur	0,055 ohm
	Résistance du gros fil inducteur	
	Résistance du rhéostat. .	
	Résistance du shunt. . .	2,0 ohms
Suffren (tourelles de 305)	Résistance de l'induit de chacun des deux moteurs en tension. . . .	0,025 ohm
	Résistance du gros fil inducteur de chacun des moteurs.	
	Résistance du rhéostat. .	
	Résistance du shunt. . .	0,400 ohm

330. Modifications récentes apportées aux dispositifs du pointage latéral des tourelles. — Nous terminerons l'exposé des types généraux de la commande du pointage latéral des tourelles par le *système des relais complet,* en indiquant schématiquement les dispositions nouvelles récemment introduites dans les installations par les *Forges et Chantiers de la Seyne.* La figure 104 reproduit ces dispositions.

Les relais, au nombre de quatre, sont du modèle simplifié dont nous avons déjà parlé plus haût à propos des treuils à munitions ; la figure actuelle 104 peut d'ailleurs être rapprochée de la figure 68. Nous nous contenterons de signaler ici les points tout à fait particuliers.

Nous n'avons pas représenté le manipulateur C*m,* qui n'offre d'ailleurs rien de particulier et on a seulement figuré les fils qui vont le rejoindre dans la tourelle.

L'excitation de gros fil E*g* est toujours conservée, même à grande vitesse.

Le circuit de l'excitation en dérivation prise entre les pôles de la source S comprend un rhéostat d'excitation R*e* qui est mis en court-circuit lorsque le poussoir *pe* est pressé par l'extrémité du levier du relais III *non actionné,* ainsi que le représente la figure. Par suite, lorsque ce relais III est actionné, au moyen du manipulateur de la tourelle, la vitesse s'accroît pour deux raisons : d'abord, la résistance R_3 en série avec l'induit est mise en court-circuit ; ensuite, la résistance R*e* est mise en circuit avec l'induction E*f* et provoque une diminution du flux inducteur modérée et qui, par suite, peut être appliquée sans inconvénient.

Le relais III est d'ailleurs *en cascade* avec le relais II ; il n'est excité que lorsque le relais II, ayant d'abord été actionné, ferme l'interruption de mise en cascade *pc.*

Ce relais II peut être excité au moyen du manipulateur de la tourelle ; lors du démarrage le relais II est excité directement par l'intermédiaire du régulateur centrifuge V, dont nous avons vu plusieurs fois le rôle, et la résistance R_2 est

alors mise en court-circuit momentanément, jusqu'à ce que la vitesse de l'électromoteur ait atteint une certaine limite.

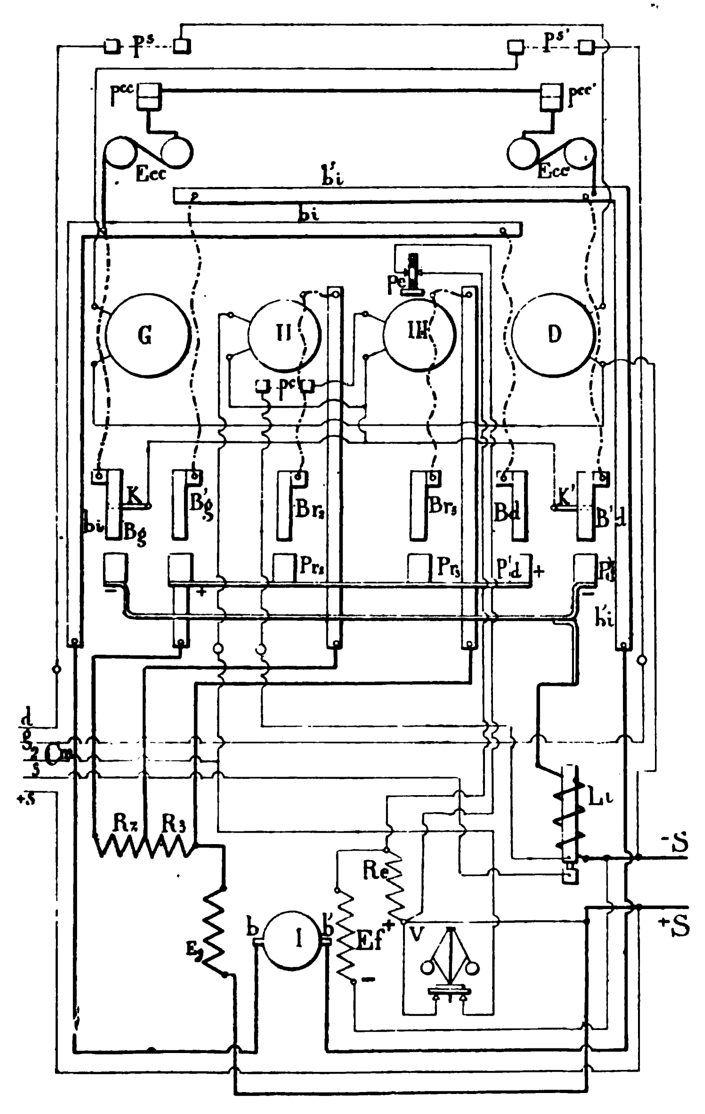


Fig. 104. — Commande électrique du pointage latéral des nouvelles tourelles installées par les *Forges et Chantiers de la Seyne* ; schéma des connexions.

Le limiteur d'intensité *Li* agit sur le circuit du relais III, qu'il rompt lorsque l'intensité du courant dans l'induit dépasse une certaine valeur.

Pointage des canons, système de la maison Bréguet.

331. Dispositions générales. — Les dispositions générales mécaniques sont les mêmes que celles dont nous avons précédemment parlé. Pour les grosses tourelles, on utilise généralement deux électromoteurs agissant sur le fût-pivot, à l'aide d'une chaîne Galle, aux extrémités d'un même diamètre, de manière à équilibrer les efforts latéraux.

Pour les petites tourelles, un seul moteur est le plus souvent employé et ce moteur agit sur une couronne dentée placée sous la plate-forme de la tourelle dépourvue alors de fût-pivot.

Lorsque la tourelle est entraînée par deux électromoteurs, il faut noter cette particularité que la maison Bréguet les a accouplés en quantité d'une manière permanente dans les premières installations (*Iéna*), et que, dans les installations plus récentes, ces électromoteurs sont accouplés en tension ou en quantité suivant la vitesse à obtenir (*Démocratie, Vérité*).

Bien entendu, la manœuvre à bras est toujours possible; généralement elle exige un débrayage des électromoteurs.

La commande des électromoteurs a été réalisée par la maison Bréguet, au moyen de dispositifs se rapportant à trois types principaux.

332. — 1° Le mouvement à droite ou à gauche est obtenu à l'aide d'un système inverseur du courant constitué par des *relais* et cet inverseur est manœuvré *à distance* par un *manipulateur* placé dans la tourelle. Les changements de vitesse sont réalisés par l'introduction, dans le circuit de l'induit des électromoteurs, de résistances variables, à

l'aide d'un commutateur manœuvré à distance par l'intermédiaire d'un petit électromoteur auxiliaire *asservi* au manipulateur de la tourelle.

C'est le type de commande employé pour les grosses tourelles de l'*Iéna* et du *Henri IV ;* sur ce dernier navire toutefois, chaque tourelle du 274 n'est mise en mouvement que par un seul électromoteur, tandis que les tourelles de 305 de l'*Iéna* sont entraînées par deux électromoteurs couplés en quantité. Nous ne décrirons que l'installation pour une tourelle de l'*Iéna* qui est plus complexe ; on obtient celle des tourelles du *Henri IV* en supposant supprimé un des électromoteurs.

333. — 2° Le mouvement à droite et à gauche est obtenu à l'aide des relais commandés à distance par le manipulateur de la tourelle ; mais les changements de vitesse sont provoqués par l'introduction de résistances variables dans le circuit de l'électromoteur unique, *directement* au moyen du manipulateur de la tourelle. Cette disposition, réservée aux petites tourelles, est utilisée sur la *Jeanne-d'Arc,* la *Marseillaise,* la *Gloire,* etc. Nous ne la décrirons pas, puisqu'elle dérive de celle des tourelles de l'*Iéna,* en supposant supprimé le moteur asservi et les sections du rhéostat directement reliées aux plots du manipulateur.

334. — 3° La maison Bréguet a appliqué à la commande des tourelles des nouveaux cuirassés *Démocratie, Vérité* le système des relais complet, dans lequel ces derniers sont employés non seulement pour commander le sens du mouvement, mais aussi les changements de vitesse. Pour les grosses tourelles, les deux électromoteurs employés sont couplés en quantité ou en tension ; ce changement de couplage, joint à l'introduction dans le circuit ou à la mise en court-circuit de résistances, permet d'obtenir divers régimes de marche. Nous étudierons ce dernier type avec quelque

détail. Pour les petites tourelles, un seul électromoteur est employé.

335. Commande électrique du pointage latéral des grosses tourelles type « Iéna ». — Les appareils de commande comprennent :

1° Un *tableau de relais* inverseurs du courant ;

2° Un *manipulateur* dans la tourelle ;

3° Un *commutateur de rhéostat* asservi au manipulateur de la tourelle par l'intermédiaire d'un petit électromoteur auxiliaire ;

4° Un *relais de démarrage* et des *régulateurs centrifuges ;*

5° Un *relais de charge ;*

6° Des *limiteurs d'intensité ;*

7° Des *interrupteurs à bout de course ;*

8° Des *sécurités d'embrayage.*

336. — Nous allons examiner successivement tous ces appareils. La figure 105 en donne la disposition schématique générale. On y a représenté en I et I′ les induits des deux moteurs électriques couplés en quantité.

Signalons deux interrupteurs C et C′ permettant de relier entre eux les deux induits, ou d'interrompre le fonctionnement de l'un d'eux, en continuant à marcher avec l'autre seulement.

Ces deux moteurs sont à excitation compound ; les inducteurs fil fin E*f* et E′*f* sont pris en dérivation parallèlement entre les conducteurs positif et négatif venant de la source S. Les gros fils inducteurs E*g* et E′*g* sont pareillement pris en quantité ; mais leur ensemble est *intercalé* sur le conducteur venant du pôle négatif de la source ; celui-ci, partant de la génératrice S, arrive d'abord à un interrupteur général K placé sur le tableau des relais ; de là le conducteur gagne une des extrémités des gros fils E*g* et E′*g*, puis il réunit l'autre extrémité de ces gros fils aux contacts feuilletés négatifs (marqués —) du tableau des relais.

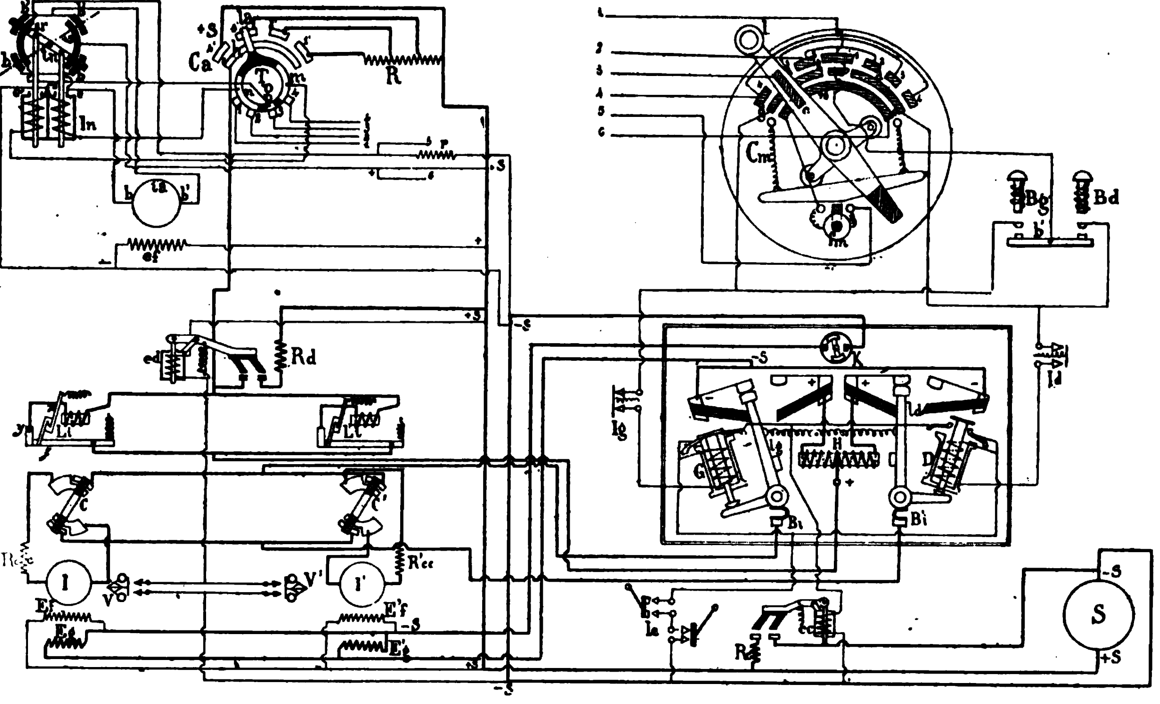


Fig. 105. — Commande électrique du pointage latéral des tourelles de l'*Iéna* ; schéma des connexions.

337. — Voici quelques données de construction et de fonctionnement pour les moteurs électriques, sous une différence de potentiel de 80 volts environ.

Résistance de l'induit. . . .		0,018	ohm
Résistance de l'inducteur.	gros fil .	0,0046	ohm
	fil fin. .	45	ohms
Vitesse de rotation.		1 230	tours par min.
Intensité du courant pris par chaque moteur en route normale.		80	ampères
Intensité de démarrage pour chaque moteur		185	ampères

338. *Tableau des relais.* — Le tableau des relais est conforme, sauf de très légères modifications, au deuxième modèle que nous avons étudié.

Deux relais D et G établissent la communication des balais des moteurs électriques en quantité soit avec le pôle positif de la source, soit avec le pôle négatif, suivant le sens du mouvement à communiquer. A cet effet, les balais des induits des moteurs électriques sont reliés par B*i* et B'*i* aux axes d'oscillation des leviers *lg* et *ld ;* quand le levier *lg* s'incline sur la gauche sous l'action du relais G excité (c'est le cas de la figure), le levier *ld* restant vertical, les balais B*i* des électromoteurs communiquent avec le pôle négatif de la source et les balais B'*i* restent en communication avec le pôle positif : la tourelle marche vers la gauche ; le contraire se produit quand le relais D est excité et que le levier *ld* s'incline vers la droite, le levier *lg* restant vertical, et la tourelle marche vers la droite. Les deux induits sont mis en court-circuit si aucun des relais D ou G n'est actionné, car les deux leviers *ld* et *lg* étant verticaux, les deux balais des moteurs B*i* et B'*i* communiquent ensemble par l'intermédiaire de l'électro-aimant de court-circuit H.

Afin de rendre moins brutal le court-circuit, on a inter-

calé à demeure, dans le circuit des deux électromoteurs, des résistances R*cc*, R'*cc*.

Les relais D et G ont une extrémité de leur enroulement en communication avec le pôle négatif + S de la source, par l'intermédiaire des interrupteurs d'embrayage I*e*. L'autre extrémité du relais D ou du relais G est mise en communication avec le pôle positif de la source par la manœuvre du manipulateur.

339. *Manipulateur.* — Le manipulateur C*m* comprend un levier L portant une pièce de contact isolée *c* permettant d'établir des communications entre divers secteurs circulaires 1, 2, 3, 4, *d*, *g*, + *s* et *b*. Comme leur désignation le fait prévoir, les secteurs + *s*, *d* et *g* sont reliés au pôle positif de la source, au relais D et au relais G ; on comprend comment, ainsi que dans les installations déjà vues, si on porte le levier L à droite ou à gauche, on actionne le relais D ou le relais G, mettant ainsi la tourelle en marche vers la droite ou vers la gauche.

Lorsqu'on abandonne le levier L à lui-même, il revient à sa position verticale de repos sollicité par un ressort, ainsi que le montre schématiquement la figure 105. Les moteurs sont alors mis en court-circuit et la tourelle s'arrête.

340. — Deux *boutons-poussoirs* B*d* et B*g*, en actionnant pendant un temps limité l'un des relais D ou G, permettent d'achever le pointage dégrossi par le levier L.

A cet effet, la pièce de contact *b'* commune aux deux boutons est, par une pression sur l'un de ces boutons, mise en communication avec le secteur *d* ou le secteur *g*, c'est-à-dire avec le relais D ou le relais G ; or cette pièce *b'* est reliée au secteur *b* du manipulateur, que le levier L, lorsqu'il est dans sa position verticale de repos, met en communication par *c* avec le secteur positif + *s*.

Il faut remarquer ici que si on presse à la fois sur les deux boutons il n'en peut résulter aucune mise en court-

circuit de la source, puisque, à supposer que les deux relais D et G obéissent, les moteurs restent en court-circuit. Il n'y a donc aucune espèce de sécurité à établir; il faut seulement se rappeler que si l'on veut manœuvrer la tourelle il faut n'appuyer que sur un bouton à la fois.

De la même manière, on peut sans risque manœuvrer à la fois le manipulateur et les boutons. Mais cela est inutile, puisque le circuit des boutons est ouvert par le fait même du déplacement du levier L du manipulateur. Celui-ci doit être au repos pour qu'on puisse opérer utilement avec les boutons.

On a prévu un interrupteur sur le fil positif commun aux boutons-poussoirs et le chef de pièce peut ainsi donner ce circuit aux pointeurs ou le leur retirer.

341. — Les secteurs 1, 2, 3 et 4 servent à actionner le moteur asservi qui manœuvre le commutateur du rhéostat de réglage R, placé près des moteurs électriques, comme le tableau des relais, alors que le manipulateur C*m* est placé dans la tourelle.

342. *Commutateur du rhéostat de réglage asservi au manipulateur de la tourelle.* — Le pôle positif + S de la source n'est en communication avec le tableau des relais que par l'intermédiaire des limiteurs d'intensité L*i* et L'*i* et du rhéostat R ; une portion plus ou moins grande de ce dernier est introduite dans le circuit suivant la position du frotteur *la* du commutateur C*a*. C'est ce frotteur *la* qui est asservi au levier L du manipulateur, par l'intermédiaire d'un moteur électrique auxiliaire dont l'induit est représenté en *ia* et l'inducteur en dérivation en *ef*. L'axe de l'induit de l'électromoteur entraîne, à l'aide d'un train d'engrenages coniques, le tambour T tournant autour de l'axe O. En outre du bras *la* servant de frotteur pour les touches du commutateur communiquant avec les sections du rhéostat, le tambour porte deux secteurs de contact *m* et *n* en com-

munication avec les électro-aimants de l'*inverseur électromagnétique* In de l'électromoteur *ia ;* en outre un plot *p,* dit *plot de court-circuit,* est destiné à assurer la position du frotteur *la;* c'est ce plot qui entraîne l'asservissement ; sur les secteurs *m, n* et le plot *p* appuient quatre frotteurs élastiques reliés aux fils 1, 2, 3 et 4 venant des secteurs correspondants du manipulateur de la tourelle. Ces frotteurs sont diamétralement opposés aux touches 1', 2', 3' et 4' du commutateur du rhéostat, de telle manière que lorsque le plot *p* appuie sur le frotteur 3 par exemple, le bras *la* est sur la touche 3' du commutateur.

343. — L'*inverseur électromagnétique* I*n* se compose de deux électro-aimants *e* et *e'*. Quand l'un d'eux est excité, il fait basculer, à droite ou à gauche, un levier *ln* portant des frotteurs à ses extrémités ; ces frotteurs appuient sur des secteurs de contact formant inverseur de courant pour l'induit *ia* de l'électromoteur auxiliaire. A cet effet, le secteur marqué + *s* est en communication avec le pôle positif + S de la source ; le secteur *sr* est en communication avec le pôle négatif — S de la source, par l'intermédiaire de la résistance *r ;* ce secteur *sr* est aussi relié au plot *p* du commutateur asservi C*a*. Les secteurs *bb* et *b'b'* sont reliés aux balais de même nom de l'induit *ia* du moteur auxiliaire, de sorte que, suivant la position du levier *ln,* l'induit *ia* peut être traversé par un courant de sens différent et il tourne alors dans un sens ou dans l'autre.

Les deux électro-aimants *e* et *e'* ont une extrémité commune reliée au pôle négatif de la source ; les autres extrémités sont reliées aux secteurs *m* et *n* du tambour T du commutateur asservi C*a*.

344. — Supposons le levier L du manipulateur dans la position de repos, marquée 1. Le secteur + *s* de ce manipulateur est mis en communication avec le secteur 1. Si à ce moment le frotteur *la* du commutateur asservi C*a* se

trouve aussi sur la position 1', le plot *p* touche le frotteur 1 et il est par conséquent relié par le fil 1 et le manipulateur au pôle positif de la source ; le secteur *sr* est donc positif ; quelle que soit alors la position du levier *ln* de l'inverseur, les deux balais de l'induit *ia* sont tous deux reliés au pôle positif de la source et par conséquent cet induit est mis en court-circuit ; le commutateur asservi C*a* reste donc sur la position 1' correspondant à la position 1 du manipulateur ; toute la résistance R est alors intercalée sur les conducteurs allant de la source au tableau des relais, par la mise en communication du secteur *h* avec la touche 1'. Si, au contraire, lorsque le manipulateur est sur la position de repos, le commutateur asservi C*a* est dans une position quelconque, le frotteur *la* sur 3, par exemple, le frotteur 1 appuie sur le secteur *n* mettant ainsi l'extrémité de l'électro-aimant *e* en relation avec le pôle positif de la génératrice par : secteur *n* et frotteur 1 du commutateur C*a*, fil 1, secteurs 1 et + *s* du manipulateur C*m* ; l'électro-aimant *e* excité fait donc basculer le levier *ln* vers la droite (position de la figure), le balai *b* du moteur *ia* communique avec le pôle positif par + *s* et le balai *b'* avec le pôle négatif par *sr*, le moteur tourne, entraînant le tambour T ; on a réglé le sens du mouvement du moteur *ia* de manière que le frotteur *la* revienne vers la droite et le mouvement s'arrête lorsque l'induit *ia* est mis en court-circuit, ce qui a lieu comme précédemment lorsque le plot *p* porte sur le frotteur 1, c'est-à-dire lorsque le frotteur *la* est sur 1' en correspondance avec la position du levier du manipulateur.

Nous supposerons donc réalisée au départ la coïncidence des positions du manipulateur et du commutateur asservi, le premier sur 1 et le second sur 1'.

Tournons le levier L du manipulateur vers la gauche. Nous mettons d'abord en communication le secteur *g* avec le secteur + *s*, c'est-à-dire que nous excitons le relais de marche à gauche G ; la tourelle démarre, avec toute la résistance R, dans le circuit des électromoteurs du pointage.

Continuons à incliner le levier L du manipulateur vers la gauche, de manière à le porter successivement sur 2 puis sur 3; le commutateur asservi C*a* se met en marche et il s'arrête quand le frotteur *la* est sur la position 3′ correspondante, supprimant ainsi du circuit des électromoteurs du pointage les deux tiers de la résistance R. En effet, lorsqu'on a porté le levier L sur la position 3, on a mis en communication les secteurs 3 et + *s*; par suite, le frotteur 3 du commutateur asservi est en communication avec le pôle positif de la source; le commutateur étant supposé dans la position de repos, le plot *p* sur le frotteur 1, il en résulte que le frotteur 3 appuie sur le secteur *m*; par conséquent l'électro-aimant *e′* est excité, et il fait basculer le levier *ln* vers la gauche; l'induit *ia* a le balai *b* relié au pôle négatif par *sr* et le balai *b′* relié au pôle positif par + *s*; il tourne donc en sens inverse du sens que nous avons été amené à considérer précédemment, c'est-à-dire que le tambour T tourne de manière que le frotteur *la* se déplace vers la gauche; ce mouvement continue d'ailleurs jusqu'à ce que le plot *p* soit venu se placer sur le frotteur 3, par lequel le courant arrive, c'est-à-dire jusqu'à ce que le frotteur *la* soit dans la position 3′. Car alors le balai *b* communique comme le balai *b′* avec le positif de la source et le moteur *ia* est en court-circuit. Il y a donc asservissement réel du frotteur *la* au levier L du manipulateur; c'est à la vérité un asservissement grossier, puisqu'il ne permet d'obtenir que quatre positions correspondantes. Cet asservissement serait néanmoins suffisant, s'il était nécessaire.

Lorsqu'on abandonne le levier L et qu'il revient au repos sur la position 1, le frotteur *la* revient également au repos, sur 1′.

Les choses se passent de la même manière lorsqu'on porte le levier du manipulateur vers la droite. Toutefois, il faut remarquer que le commutateur asservi marche encore cette fois vers la gauche, le sens de sa rotation ne dépendant pas du sens du mouvement du levier L mais seulement du dé-

placement de ce levier par rapport aux secteurs 1, 2, 3 et 4, lesquels sont répétés symétriquement à droite et à gauche.

Le commutateur du rhéostat permet donc d'obtenir quatre vitesses. A grande vitesse (toute la résistance supprimée) la tourelle parcourt 270° en 54 secondes. A petite vitesse (toute la résistance en circuit), le même angle est parcouru en 2 minutes 15 secondes.

345. — Supposons que le levier L ait été porté d'abord à *gauche* sur la position 3 qu'il occupe dans la figure 105 et que le commutateur asservi ait son frotteur sur la position 3'. La tourelle marche alors vers la gauche avec les deux tiers de la résistance R retirés du circuit.

Portons brusquement le levier L à *droite* sur la position 2, par exemple. En passant par la position 1 le levier L a coupé le circuit du relais G et la tourelle s'arrête, puis le circuit du relais D est fermé et la tourelle repart vers la droite.

Pendant que le levier L se déplaçait de la position 3 à gauche vers la position de repos 1, le commutateur asservi C*a* a dû se mettre en route pour ramener le frotteur *la* dans la position 1'; mais, si le levier L est déplacé vivement vers la droite, la tourelle démarre vers la droite avant que le frotteur *la* du commutateur asservi ait atteint la position 1', c'est-à-dire *avant que toute la résistance R ait été remise en circuit*. Il y a là un risque d'avaries qu'on a cherché à combattre de la manière suivante :

Un électro-aimant *fm* servant de *frein magnétique* complète le manipulateur. D'autre part, le levier L est terminé par une pièce de fer qui se présente en face de *fm* lorsque le levier est dans la position de repos 1. Or, tant que le moteur auxiliaire *ia* du commutateur C*a* est en marche, l'électro-aimant *fm* est excité et par conséquent le levier L ne peut franchir *facilement* la position de repos, si le frein est assez énergique, et il est obligé de s'y arrêter, jusqu'à ce que le moteur auxiliaire ait cessé de marcher, ce qui arrive

seulement, dans le cas présent, lorsque le frotteur *la* est revenu sur 1′, le plot de court-circuit *p* portant sur le frotteur 1.

A cet effet, l'une des extrémités de l'électro-aimant *fm* est reliée en permanence au secteur + *s* du manipulateur, c'est-à-dire au pôle positif de la source; l'autre extrémité, par le fil numéroté 5, est reliée au secteur *sr* de l'inverseur du moteur auxiliaire. Tant que ce dernier fonctionne, nous l'avons vu, le secteur *sr* communique, par la résistance *r*, avec le pôle négatif de la source et l'électro-aimant *fm* est ainsi excité. Lorsque le moteur auxiliaire s'arrête, c'est que le secteur *sr* est, par le plot *p* et le frotteur qui s'appuie sur lui, mis en relation avec le *pôle positif* de la source, ce qui met simultanément en court-circuit l'induit *ia* et l'électro-aimant *fm*; ce dernier n'étant plus excité permet le libre déplacement du levier L.

Il faut remarquer que le frein agit encore si, après avoir marché dans un sens et avoir ramené le levier au repos, on veut repartir dans le même sens avant que le commutateur automatique n'ait réintroduit toute la résistance dans le circuit.

Il est évident que cette disposition de sécurité gêne la manœuvre du levier et ralentit les opérations de pointage.

346. *Relais de démarrage.* — Une résistance R*d* appelée ***résistance de démarrage*** shunte le rhéostat de réglage R; une interruption est ménagée sur le trajet de ce shunt et cette interruption peut être fermée par un pont porté par l'armature du relais de démarrage *ed*; lorsque le relais n'est pas excité le pont s'abaisse et le shunt constitué par la résistance R*d* produit son effet, lorsque le relais *ed* est excité le pont se relève et le shunt n'existe plus.

Or, le circuit d'excitation du relais *ed* est relié d'une part directement au pôle positif + S et d'autre part au pôle négatif par l'intermédiaire des régulateurs à force centrifuge V et V′. Lorsque la vitesse des moteurs est inférieure à une

certaine valeur, en particulier lorsque le démarrage n'a pas eu lieu, le circuit du relais *ed* est ouvert et le shunt constitué par la résistance R*d* produit son effet; lorsque le démarrage a eu lieu et que la vitesse dépasse un huitième de la vitesse normale, le circuit de *ed* est fermé et le shunt est ouvert.

347. *Relais et résistance de charge.* — La mise en marche des moteurs d'une tourelle provoquant un abaissement brusque de la différence de potentiel à la source, on a installé entre les conducteurs positif et négatif desservant chaque tourelle une résistance R*c* pouvant absorber 80 ampères; cette dérivation est commandée par un relais, dit *de charge ec,* qui ouvre la dérivation lorsqu'il est excité. Or, le circuit d'excitation de ce relais est par une extrémité reliée au pôle positif de la source; par l'autre il n'est relié au pôle négatif que si une interruption ménagée sur le conducteur est fermée. Or, comme on le voit sur la figure 105, cette interruption est double et commandée par les noyaux des relais D et G. Lorsque les *deux noyaux* sont au repos, c'est-à-dire lorsque aucun des relais D et G n'est actionné (tourelle immobile), la communication double du relais *ec* avec le pôle négatif est rompue et la résistance de charge R*c* est en dérivation. Si l'un ou l'autre des relais D ou G est actionné, le noyau correspondant ferme l'interruption de ce côté, et le relais *ec* étant actionné, la dérivation R*c* est interrompue.

348. *Limiteurs d'intensité.* — Deux limiteurs d'intensité L*i* et L'*i* sont intercalés *en quantité* sur le conducteur reliant le pôle positif de la source au tableau des relais (électro-aimant de court-circuit H), après le rhéostat R. Cette disposition est sans intérêt et ne se justifie pas. Chacun des limiteurs d'intensité comporte un électro-aimant qui attire une armature x lorsque l'intensité dépasse une certaine valeur. Un levier z est maintenu en contact avec la pièce

de jonction *y* fermant ainsi le circuit; il est à cet effet embecqueté avec le levier de l'armature *x* lorsque cette dernière, non attirée par l'électro-aimant, est rappelée par son ressort antagoniste.

Si le courant devient trop intense, l'armature *x* attirée libère le levier *z* qui, sollicité par un ressort, quitte la pièce *y* et rompt le circuit. Bien entendu, si l'un des limiteurs fonctionne, l'autre traversé alors par un courant double fonctionne aussi.

Il faut remarquer que ce genre d'appareils rompt le circuit définitivement et ne le rétablit pas lorsque l'intensité a repris une valeur normale : c'est plutôt un *disjoncteur* électromagnétique. Les appareils appelés limiteurs d'intensité que nous avons vus jusqu'ici avaient pour effet d'introduire une résistance dans le circuit au cas où l'intensité débitée devenait trop grande et de supprimer à nouveau automatiquement cette résistance lorsque le débit avait repris sa valeur normale. Il est inutile d'insister pour montrer la supériorité de ce dernier genre d'appareils sur les *disjoncteurs* examinés actuellement, surtout lorsqu'il s'agit de tourelles dont la manœuvre brutale peut provoquer, *normalement mais momentanément,* une exagération du courant. Nous verrons d'ailleurs que l'emploi du disjoncteur, essayé sur l'*Iéna,* a été abandonné dans les installations ultérieures.

349. *Interrupteurs à bout de course.* — Pour mémoire, nous signalons les interrupteurs à bout de course I*d* et I*g* placés à droite et à gauche, chacun d'eux intercalé sur le circuit du relais D ou du relais G ; ces interrupteurs sont actionnés automatiquement par la tourelle à bout de course ; ils ne présentent rien de particulier.

350. *Sécurités d'embrayage.* — Des interrupteurs I*e* sont intercalés sur le fil commun aux relais D et G et allant au pôle négatif de la source. Ils sont actionnés par les leviers d'embrayage du pointage à bras de la tourelle, de manière

qu'on ne puisse actionner les appareils électriques pendant le fonctionnement à bras.

351. Commande électrique du pointage latéral des grosses tourelles, type « Démocratie ». — Le pointage latéral des grosses tourelles de 305 de la *Démocratie* est obtenu à l'aide de deux électromoteurs qu'on peut, suivant la vitesse à obtenir, coupler en tension ou en quantité et qui agissent sur la tourelle aux extrémités d'un même diamètre. C'est au moyen de relais qu'on produit le couplage des moteurs, comme aussi la mise en marche à droite et à gauche et l'introduction ou la suppression de la résistance d'un rhéostat.

Au démarrage, les induits des électromoteurs seront couplés en tension avec une faible résistance en circuit.

La petite vitesse s'obtient avec le couplage des induits en tension, la résistance entière du rhéostat en circuit et en actionnant de plus des *freins électromagnétiques,* qui constituent une des particularités de cette installation.

La deuxième vitesse emploie les induits en tension, sans frein et avec faible résistance.

La troisième vitesse s'obtient avec les induits en quantité, avec résistance.

Enfin la grande vitesse exige les induits en quantité, sans résistance.

La commande se fait au moyen des appareils suivants :

1° Relais de marche à droite et à gauche ;

2° Relais de couplage en quantité ;

3° Relais de démarrage ;

4° Relais de grande vitesse ;

5° Interrupteur électromagnétique du relais de démarrage ;

6° Manipulateurs de la tourelle ;

7° Limiteur d'intensité ;

8° Frein magnétique ;

9° Interrupteurs de sécurité à fin de course et interrupteurs de sécurité d'embrayage.

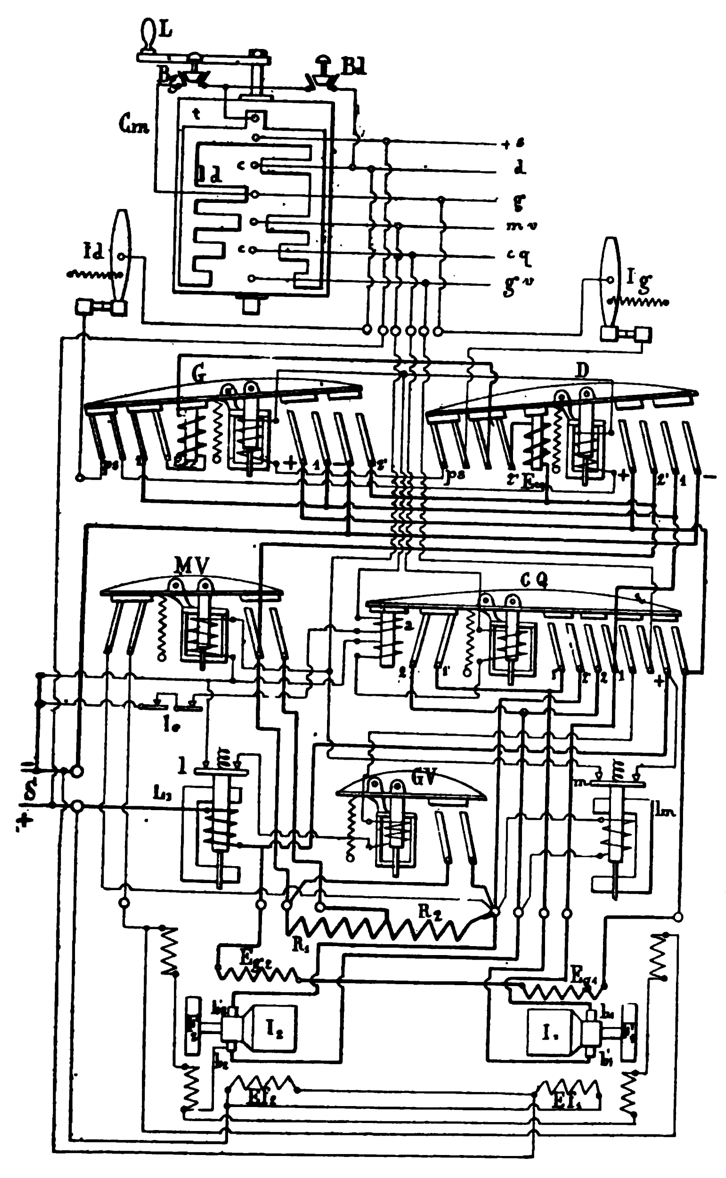


Fig. 106. — Commande électrique du pointage latéral des grosses tourelles de la *Démocratie* ; schéma des connexions.

La figure 106 représente schématiquement la disposition de ces divers organes; nous allons étudier successivement leur fonctionnement.

352. *Relais de marche à droite et à gauche.* — Ces relais sont désignés dans la figure 106 par les lettres D et G. Ils sont ici indépendants, comme dans les dispositifs de la maison *Sautter et Harlé,* ou des *Forges et chantiers de la Méditerranée;* nous avons vu que, dans les installations précédentes de la maison *Bréguet,* les deux relais *droite* et *gauche,* constituant un inverseur de courant, formaient un même ensemble.

Dans la disposition ancienne (*fig.* 69 *à* 71), l'un ou l'autre des balais des électromoteurs *restait* en communication avec l'un des pôles de la source et le fonctionnement d'un des relais D ou G avait pour effet d'établir la communication de l'autre balai avec l'autre pôle de la source, un contact unique étant ainsi établi. Ici l'abaissement du relais D, ou du relais G, met en communication, au moyen de quatre contacts établis *simultanément,* les deux balais des électromoteurs avec les deux pôles de la source.

En I_1 et I_2 nous avons représenté les induits de deux électromoteurs, les excitations de fil fin sont en Ef_1 et Ef_2 et les excitations de gros fil en Eg_1 et Eg_2; les balais b_1 et b'_2 du premier électromoteur et les balais b_2 et b'_2 du second sont reliés entre eux par le relais de couplage en quantité CQ, ou aux pôles de la source par les relais D et G. Nous avons, à l'endroit où ils aboutissent aux contacts commandés par les relais D, G et CQ, désigné par 1 et 1′ les conducteurs allant aux balais du premier moteur et par 2 et 2′ les conducteurs allant aux balais du second moteur.

On voit ainsi que si le relais D est abaissé, le balai 1 est mis en communication avec le pôle négatif de la source, tandis que le balai 2′ est mis en communication avec le pôle positif; si, le relais D étant relevé, le relais G est abaissé, le balai 1 communique avec le pôle positif et le balai 2′

avec le pôle négatif. L'ensemble des deux relais constitue donc bien un inverseur de courant pour les induits des électromoteurs.

Lorsque aucun des relais D ou G n'est actionné, les induits sont mis en court-circuit et ce court-circuit est assuré par les électro-aimants E*cc*.

Les enroulements des deux relais D et G sont reliés, par une extrémité, au pôle négatif — S de la source ; l'autre extrémité pourra être mise en communication avec le pôle positif de la source par la manœuvre du manipulateur de la tourelle. On a intercalé sur les fils qui relient chacun des relais D ou G au manipulateur, un interrupteur de sécurité *ps*, analogue aux poussoirs que nous avons vus souvent dans les installations précédentes. L'interrupteur placé sur le circuit du relais D est actionné par le relais G, de telle sorte que le circuit de D ne peut être fermé que si G n'est pas actionné et réciproquement. Cette sécurité, inutile avec les anciens relais inverseurs Bréguet, est indispensable avec la nouvelle forme que cette maison leur a donnée ; il eût peut-être été possible d'éviter cette complication. Il faut remarquer aussi que les communications des électromoteurs avec la source sont établies ici par des ponts à double contact, comme dans les anciens relais des *Forges et chantiers de la Méditerranée,* au moment même où ceux qui avaient préconisé cette disposition y renoncent, ainsi que nous l'avons indiqué.

353. *Relais de couplage en quantité.* — Ce relais CQ, lorsqu'il est excité, met en communication, d'une part, les balais 1 et 2 et, d'autre part, les balais 1′ et 2′, c'est-à-dire met les induits en quantité.

En même temps le relais CQ excité ferme une interruption ménagée sur le circuit du relais de grande vitesse GV ; ce relais GV ne peut donc être excité lui-même qu'après que le relais CQ aura été actionné ; de plus, les enroulements de gros fil Eg_1 et Eg_2 sont mis en court-circuit.

Lorsque le relais CQ n'est pas excité, son levier est rappelé par un ressort antagoniste et une communication est établie entre le balai 1′ et le balai 2 ; les deux induits sont alors couplés en tension par cette réunion des balais de polarité différente, les balais libres 1 et 2′ restant d'ailleurs reliés aux contacts des relais inverseurs D et G, comme nous l'avons vu.

354. — A l'extrémité de son levier opposée à l'électro-aimant principal, existe un électro-aimant auxiliaire *a* appelé *électro-aimant de bloquage* et portant deux enroulements de sens inverse ; l'un de ces enroulements est intercalé sur le fil commun reliant les relais D et G au pôle négatif de la source. Quand l'un de ces relais est excité, l'électro-aimant auxiliaire *a* est excité aussi et assure les contacts du côté du couplage en tension, aidant le ressort antagoniste du levier. L'autre enroulement est intercalé dans le circuit du relais CQ lui-même ; lorsqu'on excite ce relais CQ, on annule l'effet du premier enroulement et l'action de l'électro-aimant principal peut alors s'exercer sans opposition autre que celle du ressort antagoniste.

Le circuit du relais CQ est relié d'une part au pôle négatif de la source et, d'autre part, il peut, par le manipulateur, être mis en communication avec le pôle positif.

355. *Relais de démarrage.* — Le relais MV, qu'on peut aussi appeler relais de moyenne vitesse, est constitué par un électro-aimant qui, excité, peut attirer un noyau et mettre ainsi en court-circuit, par un pont, une portion R_1 de la résistance d'un rhéostat. Lorsque le relais MV n'est pas actionné, son armature, sollicitée par un ressort antagoniste, ferme le circuit des *freins magnétiques,* dont nous parlerons plus loin.

D'ailleurs l'une des extrémités de l'enroulement du relais MV est en permanence reliée au pôle négatif — S de la

source. L'autre extrémité peut être reliée au pôle positif de deux manières : 1° par l'intermédiaire de l'*interrupteur électro-magnétique* Im, lorsque l'électro-aimant qui le constitue n'est pas excité ou est insuffisamment excité et que le pont *m* porté par le noyau remonte appuyer sur ses contacts; 2° par l'intermédiaire du manipulateur de la tourelle. C'est avant le démarrage et automatiquement, comme nous le verrons, que l'interrupteur magnétique I*m* ferme le circuit du relais MV ; automatiquement ce circuit est ensuite ouvert, lorsque la vitesse des électromoteurs a pris une certaine valeur. Cette disposition remplace le régulateur centrifuge dont nous avons vu l'emploi dans les installations précédentes. Le démarrage effectué, la résistance R_1 qui avait été mise en court-circuit, est remise en circuit et ne peut être de nouveau mise en court-circuit que si volontairement on excite le relais MV en manœuvrant le manipulateur.

356. — Rappelons que les freins magnétiques ne sont pas actionnés au démarrage puisque le relais MV est alors excité ; ces freins sont automatiquement mis en action par le relevage du relais MV dont le circuit est rompu par l'interrupteur I*m* aussitôt après le démarrage. Les freins cessent encore d'agir lorsqu'on a manœuvré le manipulateur pour exciter MV.

357. *Relais de grande vitesse.* — Le relais de grande vitesse GV met en court-circuit, lorsqu'il est actionné, toute la résistance $R_1 + R_2$ du rhéostat. Le circuit d'excitation de ce relais est commandé par le manipulateur de la tourelle et il porte deux interruptions ; l'une est commandée par le relais de couplage CQ, de telle manière que le relais GV ne puisse être excité que lorsque le relais CQ a été *actionné;* l'autre interruption est commandée par le limiteur d'intensité L*i*. Quand l'intensité prise par les moteurs dépasse une certaine valeur, le limiteur ouvre le circuit

du relais GV, ce qui empêche le rhéostat d'être mis en court-circuit ou remet la résistance en circuit si elle avait été déjà mise en court-circuit auparavant.

358. *Interrupteur électro-magnétique.* — L'interrupteur électro-magnétique I*m* verrouille, comme nous l'avons dit plus haut, le relais de démarrage MV, de telle sorte que ce dernier ne puisse être excité si I*m* est *actionné*. Or l'enroulement de I*m* est pris en dérivation *entre les balais d'un des électromoteurs,* I_2 par exemple ; lorsque les moteurs ne tournent pas, ou lorsqu'ils tournent à petite vitesse, la différence de potentiel entre les balais est faible et l'interrupteur I*m,* bien qu'*excité,* n'est pas *actionné,* si son ressort antagoniste est bien réglé ; dans ces conditions le relais MV est excité et comme lui est pris en dérivation entre les pôles de la source, il est actionné, mettant en court-circuit la résistance R_1, ce qui facilite le démarrage. Le démarrage normalement effectué, la différence de potentiel entre les balais du moteur I_2 atteint une valeur suffisante pour que l'interrupteur I*m* soit actionné malgré son ressort et le circuit de MV est coupé.

Nous avons souvent signalé la variation de la différence de potentiel entre les balais d'un électromoteur, suivant sa vitesse, et montré comment on pouvait l'utiliser pour régler le fonctionnement des relais supprimant les résistances du circuit.

359. *Manipulateur de la tourelle.* — Le *manipulateur* ou *commutateur de manœuvre* C*m* de la tourelle est formé d'un tambour isolant *t* qu'on peut faire tourner autour de son axe, au moyen du levier de manœuvre L. Notons tout de suite que, comme toujours, le levier écarté de sa position de repos y revient de lui-même sous l'influence d'un ressort.

Le tambour *t* porte à sa surface une lame métallique découpée *ld* sur laquelle peuvent venir appuyer, lors du

déplacement du tambour, des contacts élastiques *c* reliés à des fils venant des divers relais dont nous avons parlé ; ces fils sont désignés, sur la figure 106, par les lettres *d, g, mv, cq, gv,* et correspondent aux relais désignés par les mêmes lettres capitales. Un contact est en outre relié par le fil + *s* au pôle positif de la source et ce contact appuie constamment sur une partie continue de la lame métallique *ld*. On comprend dès lors que, suivant le mouvement communiqué au tambour *t*, on met en communication les divers relais, avec ce pôle positif, par l'intermédiaire de *ld*. Le tambour peut occuper cinq positions :

360. — *Position 1 ;* position de repos, aucun relais n'est actionné.

361. — *Position 2 ;* le tambour ayant tourné dans le sens des aiguilles d'une montre, le fil *d* communique avec + *s* et le relais D est actionné. Comme à ce moment l'interrupteur électro-magnétique I*m* n'est pas actionné, le relais de démarrage MV est excité et actionné ; la résistance R_1 est mise en court-circuit et les freins ne sont pas actionnés. Le relais CQ n'est pas actionné, les induits sont couplés en tension. Le démarrage s'effectue sur la droite, avec la résistance R_2 seulement et le gros fil inducteur des deux électromoteurs.

Le démarrage effectué, l'interrupteur I*m* est actionné, le relais MV a son circuit coupé, la résistance R_1 rentre en circuit et les freins sont appliqués. La tourelle marche alors à droite à *toute petite vitesse,* très régulièrement grâce aux freins.

Si on accentue le mouvement du manipulateur, on atteint la troisième position.

362. — *Position 3 ;* le relais D est encore actionné, le relais MV l'est aussi. Les induits sont couplés en tension, la résistance R_1 est mise en court-circuit ; les moteurs marchent à

droite avec la résistance R_2 seulement en circuit ; les inducteurs restent encore excités par leurs gros fils.

On a la deuxième vitesse.

363. — *Position 4 ;* le relais D est actionné, le relais MV cesse de l'être, le relais CQ est actionné ; les induits sont en quantité avec toute la résistance $R_1 + R_2$ en circuit, mais les gros fils inducteurs sont en court-circuit. On a la troisième vitesse.

364. — *Position 5 ;* le relais D est actionné, le relais MV ne l'est pas, le relais CQ est actionné ainsi que le relais GV. Les induits sont en quantité sans résistance et l'excitation de gros fil est supprimée ; on marche à droite à grande vitesse. Si on abandonne le levier L, le tambour revient à la position de repos.

Les choses se passent de même pour les mouvements à gauche.

Le manipulateur a des boutons-poussoirs B*d* et B*g* qui permettent de parachever le pointage, ainsi que nous l'avons expliqué plusieurs fois.

Plusieurs manipulateurs peuvent être reliés aux mêmes appareils ; dans les tourelles à deux canons, il en existe deux au moins. Nous avons indiqué sur la figure l'amorce des greffes des fils allant au deuxième manipulateur.

365. — Grâce au verrouillage des divers relais, l'ordre d'actionnement de ces relais est le même quelle que soit la brutalité des mouvements communiqués au manipulateur. On retrouve ainsi la liberté et la sécurité de manœuvre que nous avons vu exister dans la plupart des installations précédentes et qui n'existaient pas dans l'installation des tourelles de l'*Iéna* examinée plus haut. Il est, on le comprend, indispensable que la manœuvre soit sûre, quelle que soit la manière dont le manipulateur est manié, avec ou sans précautions, puisque le personnel appelé à se servir des appareils

manque forcément d'éducation électrique et que d'ailleurs son attention est tout entière dirigée vers l'exactitude du pointage.

366. *Limiteur d'intensité.* — Le limiteur d'intensité L*i*, électro-aimant enroulé de gros fil intercalé sur le conducteur positif venant de la source, rompt par le pont *l* le circuit du relais GV, lorsque l'intensité débitée dépasse une certaine valeur; la résistance du rhéostat est alors réintroduite dans le circuit.

367. *Freins magnétiques.* — Les freins magnétiques F sont constitués par des anneaux de fer montés sur l'arbre des induits et entraînés ainsi dans le champ magnétique d'électro-aimants excités par une dérivation prise entre les balais d'un des électromoteurs, I_2 dans la figure 106. Il en résulte, par suite de la production des courants de Foucault dans la masse de l'anneau, un effort résistant proportionnel à la vitesse d'entraînement et au flux inducteur développé par les électro-aimants du frein. Comme l'excitation de ces derniers augmente à mesure qu'augmente la vitesse de rotation de l'électromoteur I_2, aux balais duquel ils sont dérivés, l'effort résistant créé par les freins magnétiques augmente très vite avec la vitesse de rotation des électromoteurs I_1 et I_2. Lorsqu'on marche à petite vitesse, après le démarrage, le moment résistant utile développé par la tourelle est variable et la vitesse aussi par suite, et les dispositifs variés mis en pratique pour obtenir une très petite vitesse présentaient parfois quelque inconvénient, comme par exemple le battement incessant du relaïs commandé par le régulateur centrifuge, dans le cas où cet organe est utilisé.

Ici, au contraire, le moment résistant développé par le frein s'ajoute au moment résistant utile de la tourelle et, lorsque ce dernier diminue et que la vitesse tend à augmenter, le moment résistant du frein augmente et inversement; le moment résistant total est donc maintenu automatique-

ment à peu près constant et on peut ainsi obtenir une stabilité d'allure très grande même à très petite vitesse.

368. *Interrupteurs de sécurité à fin de course et interrupteurs de sécurité d'embrayage.* — Signalons pour mémoire les interrupteurs de sécurité à fin de course I*d* et I*g* intercalés sur les fils allant des relais D et G au manipulateur de la tourelle et actionnés automatiquement par celle-ci.

Les interrupteurs d'embrayage I*e* sont intercalés sur le retour commun au pôle négatif des enroulements de D et G ; ils sont manœuvrés automatiquement par l'embrayage pour la manœuvre à bras.

369. Commande électrique du pointage latéral des petites tourelles type « Démocratie ». — Nous donnons encore, dans la figure 107, les connexions des appareils de commande du pointage latéral des tourelles de 194, type *Démocratie,* installées par la maison *Bréguet*. Nous nous contenterons de signaler les caractéristiques principales de cette disposition, qui ressemble d'ailleurs beaucoup à la précédente.

Un seul électromoteur I commande la tourelle ; l'excitation en dérivation E*f* est complétée par une excitation de gros fil E*g*, en série avec les résistances R_1 et R_2 constituant un rhéostat de démarrage et de réglage et intercalées sur le conducteur venant du pôle positif de la source + S.

370. — Deux relais D et G formant un inverseur de courant permettent d'obtenir le mouvement à droite et à gauche. Ces relais se verrouillent l'un l'autre par les interruptions *ps*.

Un relais R commande les résistances R_1 et R_2. Lorsqu'il n'est pas actionné, la résistance R_1 *est mise* en court-circuit ; lorsqu'il est actionné, la résistance R_2 et l'excitation de gros fil E*g peuvent être mises* en court-circuit par la manœuvre du manipulateur. Lorsque le relais R est actionné, il ferme une interruption placée sur le circuit du *frein magnétique* F

et ce frein peut alors être mis en fonction par le manipulateur.

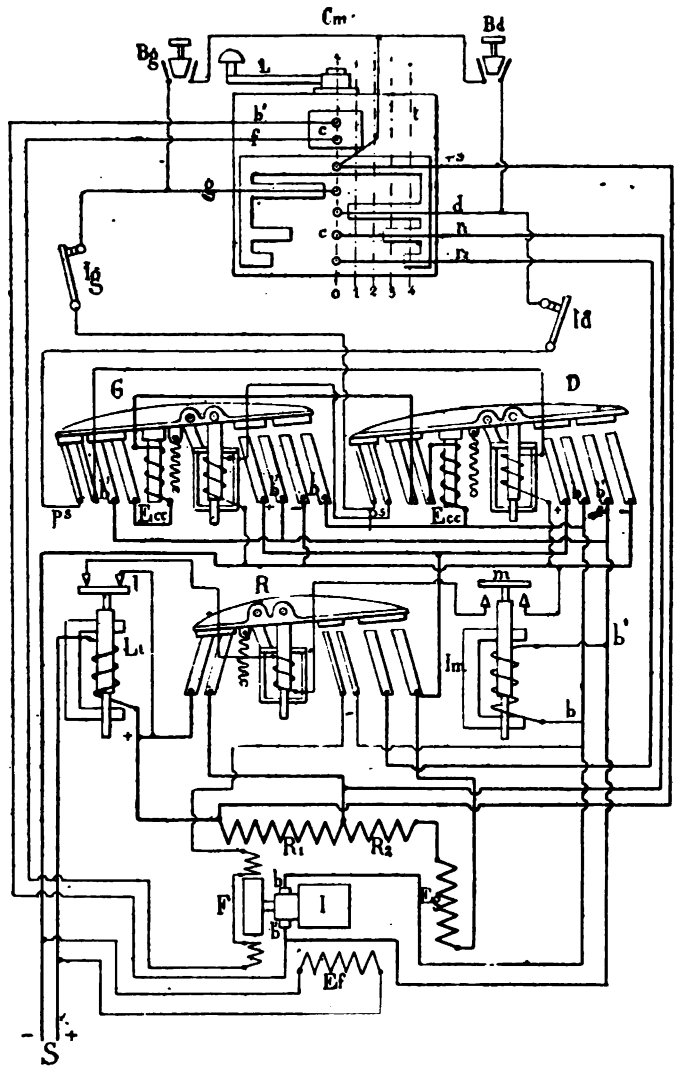


Fig. 107. — Commande électrique du pointage latéral des petites tourelles de la *Démocratie;* schéma des connexions.

Le circuit du relais R est d'ailleurs commandé par l'*inter-*

rupteur électro-magnétique I*m* en dérivation entre les balais *b* et *b'* de l'électromoteur I. Lorsque le moteur ne tourne pas, ou que le démarrage ne s'effectue pas dans des conditions normales, la différence de potentiel entre *b* et *b'* est trop faible et le pont *m* n'appuie pas sur ses contacts ; le relais R n'est pas alors excité. Si le démarrage est effectué dans des conditions normales, le pont *m* vient appuyer sur ses contacts et le relais R est excité.

Le circuit du relais R passe aussi par une interruption commandée par le *limiteur d'intensité* L*i*.

371. — Le manipulateur C*m* est semblable à celui que nous avons décrit précédemment. Le tambour *t* peut occuper quatre positions à droite et à gauche, en outre de la position de repos ; on a représenté par des lignes marquées 0, 1, 2, 3, 4, les génératrices du tambour qui viennent successivement se placer sous les contacts *c* reliés aux relais D et G, aux résistances R_1 et R_2, à la source + S, au balai *b'* et au frein F, lorsqu'on manœuvre le levier L, dans le sens des aiguilles d'une montre, par exemple.

372. — Voici le fonctionnement des divers organes correspondant à ces positions du manipulateur.

Position 0 : Repos.

Position 1 : Le relais D est actionné et le moteur démarre pour faire tourner la tourelle vers la droite ; mais, le démarrage n'étant pas effectué, l'interrupteur électro-magnétique I*m* n'est pas actionné et, par suite, le relais R ne l'est pas non plus. La résistance R_1 est mise en court-circuit et le frein magnétique n'est pas excité, bien que le manipulateur relie *f* et *b'*. Le démarrage est ainsi facilité.

Le démarrage effectué, l'interrupteur I*m* est actionné, le relais R aussi, la résistance R_1 est remise en circuit et le frein F est excité. On a ainsi la très petite vitesse, avec le frein et les résistances $R_1 + R_2 + Eg$.

Position 2 : Le relais D est actionné ; l'interrupteur I*m*

est actionné, le relais R est actionné ; le frein n'est plus excité, mais les résistances R_1 et R_2 et le gros fil E*g* sont encore en circuit. On a la petite vitesse à droite.

Position 3 : Le relais D est actionné ; l'interrupteur I*m* est actionné, ainsi que le relais R ; le frein n'est pas actionné ; la résistance R_1 est mise en court-circuit par le conducteur r_1 relié à $+ s$. On marche à droite à la troisième vitesse, avec la résistance R_2 et le gros fil inducteur en circuit.

Position 4 : Le relais D est actionné ; l'interrupteur I*m* est actionné, ainsi que le relais R ; le frein n'est pas excité ; la résistance R_1 est mise en court-circuit par la communication des conducteurs r_1 et $+ s$; la résistance R_2 est également mise en court-circuit, ainsi que le gros fil E*g*, par la mise en communication des conducteurs r_2 et $+ s$. On marche à droite à grande vitesse, sans résistance aucune.

CHAPITRE VI

ASSERVISSEMENT DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

373. Définition de l'asservissement. — Avant de continuer l'étude des applications des moteurs électriques, nous exposerons quelques généralités sur un point spécial : nous voulons parler de l'*asservissement des moteurs électriques*. Nous n'avons pas l'intention d'ailleurs de décrire ici des servo-moteurs électriques, ni de discuter la perfection de leur fonctionnement. Nous voulons essayer de répondre à cette question : dans quels cas, à bord d'un navire, est-il utile, ou nécessaire, d'avoir recours à l'asservissement des moteurs électriques.

374. — Tout d'abord il importe de définir exactement ce qu'on doit entendre par les expressions : *asservissement, servo-moteur*. Un mobile A est *asservi* à un mobile B si trois conditions sont remplies :

1° Lorsque le mobile B se met en mouvement, le mobile A se met également en mouvement ; si le mobile B reste en repos, le mobile A reste en repos ; si le sens du mouvement de B change, celui de A change aussi ;

2° Lorsque le mobile B s'arrête, dans une certaine position, le mobile A s'arrête dans une position correspondante. A toute position du mobile B correspond ainsi une position du mobile A, toujours la même, quels que soient les mouvements qui ont permis d'amener B dans sa position ;

3° Lorsque le mobile B et par suite aussi le mobile A sont en mouvement, ils occupent à chaque instant les positions correspondantes définies par le paragraphe précédent.

Les deux premières conditions se complètent, la seconde précisant la relation de position qui doit exister entre les deux mobiles, tandis que la première condition n'implique qu'une dépendance générale de mouvement ou de repos. On peut dire que l'ensemble des deux premières conditions constitue l'*asservissement dans l'espace;* les positions correspondantes des deux mobiles ne sont obligatoirement occupées, en vertu de la deuxième condition, qu'*au moment de l'arrêt* des deux mobiles, l'un des deux pouvant momentanément présenter un retard sur l'autre. La troisième condition au contraire implique le *synchronisme de marche* des mobiles, sans aucun retard ni avance de l'un sur l'autre; cette condition superpose à l'asservissement dans l'espace l'*asservissement dans le temps*. Il est impossible que cet asservissement dans le temps soit réalisé d'une manière absolue; puisque le mouvement du mobile A dépend du mouvement du mobile B, le mobile A ne se mettra en marche qu'après le mobile B et ce mobile A sera toujours nécessairement en retard pour occuper les positions correspondantes à celles du mobile B. Tout ce qu'on peut faire, quand cela a de l'importance, c'est de réduire pratiquement le retard à une valeur très faible.

375. Emploi général de l'asservissement. — D'une manière générale, dans quelles conditions doit-on se trouver pour que l'asservissement puisse être utile? On peut distinguer deux cas :

1° Dans le premier, on veut manœuvrer un mobile A, dont on est voisin, qu'on a sous les yeux; mais la manœuvre directe de A exige un effort considérable; on désire d'ailleurs donner au mobile A des positions successives bien déterminées. On asservit alors le mobile A à l'aide d'une liaison mécanique ou d'un agent intermédiaire quelconque, à un second mobile B, dont la manœuvre exige un effort moindre. On peut dire que, dans ce cas, l'asservissement sert à multiplier l'effort exercé. C'est ainsi qu'une liaison rigide au

moyen de leviers multiplicateurs de l'effort exercé doit être considérée comme un asservissement idéal.

Dans le même ordre d'idées, le déplacement direct du piston d'une machine à vapeur ordinaire dans son cylindre exige généralement un effort assez considérable ; mais en déplaçant, grâce à un faible effort, le tiroir du cylindre, et en permettant ainsi à la vapeur d'agir, on obtient le déplacement du piston dans un sens ou dans l'autre. On peut dire que le piston d'une machine à vapeur est asservi au tiroir, par l'intermédiaire de la vapeur. Dans cet exemple, il est vrai, l'asservissement est grossier, il y a seulement concordance dans les sens des mouvements des deux mobiles ; il n'y a même pas asservissement complet dans l'espace, puisque, en général, lorsqu'on déplace le tiroir et que le piston se met en mouvement, ce dernier atteint toujours la limite de sa course, même si le déplacement du tiroir n'est pas toujours le même. Mais on peut imaginer des dispositifs reliant plus strictement le déplacement du piston au déplacement du tiroir et permettant ainsi de réaliser, d'une manière plus ou moins parfaite, l'asservissement dans l'espace et, avec un retard plus ou moins grand, l'asservissement dans le temps. Les servo-moteurs à vapeur ou à air comprimé sont depuis longtemps en usage et permettent, à l'aide d'une force minime appliquée au tiroir, d'obtenir de grands efforts sur le piston ou les organes qui lui sont reliés, tout en restant complètement maître des positions occupées ;

2° Dans le second cas, on veut manœuvrer un mobile A éloigné de la force qu'on peut faire agir sur lui et, par surcroît, invisible de l'opérateur ; on a cependant besoin de modifier les positions du mobile A, non pas au hasard, mais en connaissance de cause, suivant des exigences déterminées. On asservit alors le mobile A invisible à un mobile B visible et qu'on a sous la main. L'asservissement peut être simplement une transmission mécanique qui réalise, aux jeux près, d'une manière rigoureuse, l'asservissement dans l'espace et l'asservissement dans le temps. L'intermédiaire

peut d'ailleurs aussi être un agent quelconque et, dans ce cas particulier d'une *transmission à distance,* l'emploi du courant électrique est tout indiqué.

376. — Dans les deux cas que nous venons d'examiner, nous avons supposé qu'on avait besoin de manœuvrer le mobile A de manière à rester maître de toutes ses positions ; c'est alors qu'un asservissement plus ou moins strict est utile et même souvent nécessaire. Si l'on désire seulement obtenir le mouvement ou l'arrêt du mobile A, l'asservissement proprement dit n'est plus nécessaire, même réduit à la première des trois conditions que nous avons énoncées plus haut. Ainsi un moteur électrique peut être mis en marche, de près ou de loin, dans l'un ou l'autre sens, ou arrêté, à l'aide d'un commutateur-inverseur ordinaire. On est certain, même sans le voir, que le moteur marche dans un sens ou dans l'autre, ou qu'il est arrêté, d'après la position donnée au commutateur ; mais cela ne constitue pas un asservissement, puisque le commutateur étant placé dans la position de marche et y *demeurant au repos,* le moteur électrique *tourne sans interruption.* On a ainsi une simple *commande* de la marche ou de l'arrêt. Quelquefois, on désigne la commande simple sous le nom de *commande non asservie,* en appelant *commande asservie* celle qui permet d'obtenir une position quelconque du moteur électrique ou d'un organe entraîné par lui à l'aide d'un asservissement reliant les positions de cet organe aux diverses positions du levier de manœuvre d'un *manipulateur.*

D'une manière analogue, la valve placée sur une machine à vapeur et qui permet de donner passage à la vapeur ou de fermer le tuyautage, *commande* le mouvement du piston, mais celui-ci n'est pas *asservi* à la valve au sens propre du mot, puisque le piston continue à se mouvoir, dans un sens et dans l'autre, alternativement, alors que la valve étant ouverte demeure au repos dans cette position.

Pareillement, lorsque à l'aide d'un levier ou d'une pince

on soulève et on déplace un objet pesant, on multiplie bien l'effort exercé, mais il n'y a pas là nécessairement asservissement, puisque les diverses positions de l'objet ne sont pas liées aux diverses positions du levier, qui peut être enlevé et replacé à diverses reprises. La multiplication de l'effort, ou la commande du mouvement à distance, n'impliquent donc pas nécessairement l'asservissement bien que ce dernier puisse être utilisé.

377. Applications pour lesquelles l'emploi de servo-moteurs est inutile. — *Ventilateurs et pompes.* — Si maintenant nous passons en revue les diverses applications des moteurs électriques à bord des navires, que nous avons déjà étudiées et celles que nous étudierons plus loin, nous voyons immédiatement que ni la manœuvre des ventilateurs et des pompes, ni celle des monte-charges ne comportent utilement l'emploi d'un asservissement. Il est certain qu'on *peut,* si on en a la fantaisie, asservir la marche d'un ventilateur ou d'une pompe à celle d'un commutateur qu'on fait tourner à la main, de telle manière que la rotation du ventilateur commence et cesse en même temps que celle du manipulateur, s'accélère et se ralentit en même temps ; mais on ne voit pas bien à quoi peut être *utile* cette obligation de tourner constamment à la main la manivelle d'un commutateur pour obtenir et entretenir le mouvement du ventilateur, alors que la simple fermeture d'un interrupteur, faite une fois pour toutes, permet d'arriver sans peine au même résultat.

Nous n'aurions même pas envisagé l'hypothèse d'une application aussi peu rationnelle de l'asservissement, si une application presque identique n'en avait été essayée, il y a quelques années, dans la marine. Certains monte-charges à mouvement continu, ou *norias,* montant d'une manière ininterrompue des munitions distribuées tout le long d'une chaîne sans fin entraînée par un moteur électrique, avaient été munis d'un asservissement électrique, de telle manière

qu'il fallait tourner constamment le commutateur de manœuvre pour faire fonctionner les norias, au lieu de se contenter de manœuvrer une fois pour toutes ce commutateur. De toute évidence, une simple commande est ici supérieure à un servo-moteur.

378. *Monte-charges.* — Les monte-charges alternatifs ordinaires doivent s'arrêter *automatiquement* à fin de course en haut et en bas; l'asservissement de leur mouvement à celui d'un commutateur ne se comprendrait pas; il suffit de *commander* leur mise en marche à l'aide d'un commutateur manœuvré à la main et de *commander* leur arrêt à bout de course à l'aide d'un autre commutateur placé dans une position convenable en haut et en bas du puits du monte-charges et qui est automatiquement manœuvré par la benne.

379. *Cabestans et treuils d'embarcation.* — La manœuvre des cabestans électriques et des treuils d'embarcation ne gagnerait rien à l'emploi de servo-moteurs électriques. Il ne s'agit pas de faire tourner le cabestan d'un angle déterminé, ni de faire monter l'embarcation par bonds successifs de hauteurs bien connues; mais l'opérateur doit mettre en marche à une vitesse plus ou moins grande, ou arrêter le mouvement suivant les indications reçues d'un observateur qui apprécie les diverses péripéties de l'opération. Une commande non asservie d'un maniement *commode* et surtout *rapide* est encore ici suffisante et elle est supérieure à une commande asservie à cause de la simplicité plus grande qu'elle comporte.

380. *Pointage des tourelles.* — Dans le cas de la manœuvre électrique d'une tourelle, il est tout aussi inutile que précédemment d'asservir le mouvement de la tourelle et du moteur électrique qui l'entraîne à celui d'un manipulateur. Le pointeur a *en mains* le manipulateur, il *voit* la

ligne de mire ; il suffit donc qu'il *commande,* à l'aide du manipulateur, le mouvement de la tourelle à droite et à gauche, jusqu'à ce que la ligne de mire passe par le but. Peu lui importe le nombre de degrés dont il a fait tourner la tourelle pour obtenir ce résultat.

381. — Nous avons expliqué, en traitant cette question spéciale du pointage d'une tourelle (**271**), qu'il est nécessaire de pouvoir communiquer à la tourelle des mouvements de faible amplitude pour achever le pointage ; mais il ne résulte pas de là que cette amplitude doit être connue exactement ni être toujours la même, ni même qu'il doit exister une relation fixe entre le faible mouvement de la tourelle et le mouvement qu'on exécute avec le manipulateur de commande. Il suffit qu'on sache qu'à tel mouvement du manipulateur exécuté d'une certaine façon approximative correspond certainement un faible déplacement de la tourelle ; ainsi il est certain qu'en fermant le circuit du moteur électrique pendant très peu de temps, le déplacement de la tourelle sera faible, sans qu'on puisse dire cependant que le déplacement angulaire de la tourelle est asservi à la durée de la fermeture. Les *boutons-poussoirs* dont nous avons vu l'emploi constant, pour l'usage que nous venons d'indiquer, ne sont donc pas des organes d'asservissement.

382. — Nous avons dit aussi (**273**) que le manipulateur placé dans la tourelle, sous la main du pointeur, devait être léger pour être facilement manœuvrable, sans exiger des efforts notables, ce qui enlèverait la précision du pointage. Ce manipulateur, dans la plupart des installations actuelles, sert à commander les véritables commutateurs constitués par des *relais,* dont les dimensions sont en rapport avec les moteurs électriques employés et les courants qui les traversent. Mais ces commutateurs, inverseurs de courant ou commutateurs de rhéostat, n'ont pas besoin d'être asservis au manipulateur, au sens complet du mot ;

il suffit qu'au moyen du manipulateur, on puisse donner à ces commutateurs, généralement des relais, quelques positions déterminées, celles qui correspondent à la marche à droite ou à gauche du moteur électrique, à la grande, à la moyenne, ou à la petite vitesse de marche. A la rigueur, on peut dire, si l'on veut, que les relais sont asservis au manipulateur de la tourelle, au moins d'une manière grossière ; mais, dans tous les cas, l'asservissement serait restreint à ces deux organes l'un par rapport à l'autre et il n'entraînerait pas l'asservissement du moteur électrique et de la tourelle par rapport aux commutateurs et au manipulateur, seul asservissement qui soit en question.

383. — Dans les descriptions étudiées au chapitre précédent, il a été question d'un asservissement du commutateur de manœuvre du rhéostat au manipulateur (**342**). Mais cet asservissement *accessoire* est si peu *nécessaire,* si peu *utile* même que la maison Bréguet, qui l'avait mis en application, ne l'a employé que sur deux navires seulement, revenant pour les suivants à la *commande* de relais mettant au moment propice les résistances en court-circuit. Mais l'emploi de cet asservissement *auxiliaire,* par la seule énonciation de son nom, a pu jeter quelque obscurité dans une question si claire cependant.

384. — Voici une raison donnée quelquefois pour justifier l'emploi de l'asservissement dans le pointage des tourelles. Lorsqu'un canon est pointé sur un but et que celui-ci se déplace, il est nécessaire de suivre son mouvement; cette opération se ferait le plus simplement du monde si le moteur électrique actionnant la tourelle était asservi au manipulateur; celui-ci porterait une lunette parallèle à la ligne de mire et le pointeur, *l'œil à la lunette,* poursuivrait le but au moyen du manipulateur, la tourelle suivant le mouvement, en vertu de l'asservissement supposé. Il est certain que l'emploi d'un servo-moteur permettrait de réali-

ser la manœuvre qui vient d'être indiquée; mais on peut également suivre un objectif mobile sans avoir recours à la *complication* de l'asservissement; le pointeur doit avoir alors l'œil à la ligne de mire, portée par le canon ou un support relié au canon d'une manière invariable, et il manœuvre le manipulateur de manière à imprimer à la tourelle, avec une vitesse plus ou moins grande, des mouvements d'amplitude variable suivant la durée du contact qu'il établit, par exemple au moyen des *boutons-poussoirs;* si le manipulateur est bien conditionné, si en particulier il permet d'obtenir commodément de petits mouvements avec un arrêt absolument net de la tourelle après chacun d'eux, il n'y a aucune difficulté pratique à suivre un but mobile, en conservant constamment un pointage exact des canons sur ce but. Cette manière d'opérer présente même l'avantage considérable d'une visée directe du but *au moyen du canon,* tandis que l'asservissement indiqué ci-dessus obligerait à viser avec une ligne de mire reliée au manipulateur et qui *devrait* être rigoureusement parallèle à la ligne de mire du canon, sous peine d'erreurs considérables (nous n'envisageons même pas la complication d'une parallaxe variable avec la distance).

385. — Bien entendu, si l'on voulait pointer un canon, sans le voir, sans pouvoir viser au moyen de la ligne de mire qu'il porte, il serait *nécessaire* d'asservir le moteur électrique au manipulateur servant au pointage, lequel porterait une ligne de mire auxiliaire. C'est le cas où serait placé le commandant d'un navire qui voudrait pointer lui-même ses canons, tout en restant sur sa passerelle. Mais c'est là un cas tout particulier dont notre incompétence nous empêche de voir les conséquences pratiques et dont nous ne parlons même que pour bien mettre en évidence les circonstances rendant nécessaire l'emploi d'un servo-moteur électrique.

Il est clair d'ailleurs que pour permettre le pointage *exact*

d'un canon *à distance,* à l'aide d'une ligne de visée auxiliaire, à laquelle l'asservissement conserverait constamment parallèle la ligne de mire ordinaire du canon, le servo-moteur électrique devrait être établi dans des conditions de précision telles qu'aucun appareil simple n'existe, à notre connaissance, pouvant les réaliser.

386. Applications pour lesquelles le servo-moteur électrique est utile ou nécessaire. — *Manœuvre des projecteurs à distance.* — Il est une application dont nous n'avons pas encore parlé, qui peut rendre, dans certains cas, nécessaire l'emploi d'un servomoteur électrique ; nous voulons parler de la manœuvre des projecteurs. Certainement, lorsqu'un projecteur est allumé et qu'on *voit* le faisceau lumineux qu'il donne, le pointage de ce faisceau sur les objets extérieurs se fait d'une manière très simple, à l'aide d'une *commande non asservie* ordinaire, permettant de mettre en mouvement, dans un sens ou dans l'autre, un moteur électrique actionnant le projecteur ; la commande d'ailleurs peut se faire à distance, puisque le faisceau est facilement visible de tous les points du pont du navire.

Mais si on veut pointer le projecteur *éteint,* et ne l'allumer que lorsqu'il est exactement dirigé vers un objet que l'on a *découvert à la vue,* de manière non pas à *chercher* les objets avec le faisceau lumineux, mais à les *éclairer brusquement* une fois qu'on les a trouvés par le seul secours des yeux, il faut alors munir le projecteur d'un viseur et, *se plaçant derrière lui,* l'orienter en se servant du viseur, soit à bras, soit à l'aide d'une commande non asservie ; ou bien, *si l'on veut opérer à distance,* il faut asservir l'axe du projecteur à un viseur fixé à un manipulateur.

387. — Le pointage d'un projecteur éteint se justifie d'ailleurs aisément. L'emploi des projecteurs électriques allumés, si puissants cependant, ne permet pas de *découvrir* facilement les objets éloignés ; par contre, ces projec-

teurs allumés sont facilement visibles de très loin et décèlent les navires qui les portent; aussi trouve-t-on actuellement qu'il vaut mieux n'allumer les projecteurs qu'à coup sûr, pour éclairer fortement les objets déjà visibles autrement et faciliter contre eux l'emploi immédiat de l'artillerie. Dans ce dessein, il est très avantageux, pour éviter toute perte de temps et profiter de l'effet moral produit par la simultanéité des trois actions : allumage du projecteur, éclairage des objets, tir de l'artillerie, de pointer à l'avance le projecteur éteint sur les objets visibles. Mais ce résultat exige, *si l'on pointe à distance,* un servomoteur électrique établi avec une grande précision; il faut aussi que l'asservissement soit continu, c'est-à-dire que le projecteur comme le manipulateur puissent occuper toutes les positions. Le projecteur doit pouvoir décrire une circonférence entière, et l'erreur de son pointage ne doit pas dépasser 1 degré environ; ce sont là des conditions difficilement réalisables *d'une manière simple.*

388. *Manœuvre du gouvernail.* — Il est une autre application où l'emploi d'un servomoteur est souvent utile : c'est la manœuvre électrique du gouvernail. Sans doute, pour manœuvrer un navire, il n'est pas nécessaire de donner au gouvernail des directions qui soient connues avec une grande précision, mais il faut néanmoins pouvoir modifier d'une manière assez régulière les angles de barre, donner au gouvernail une inclinaison de 2 à 3 degrés, ou de 10 degrés environ, ou de 20 degrés, à peu près, à droite ou à gauche; autrement dit, il faut au moins pouvoir donner au gouvernail, en connaissance de cause, des angles petits, moyens ou grands, dans un sens ou dans l'autre, avec cette complication que celui qui manœuvre ne voit pas le gouvernail, qu'il ne peut donc apprécier directement les angles qu'il fait avec l'axe du navire et que le poste de manœuvre est généralement fort éloigné du gouvernail à manœuvrer. La solution rationnelle consiste donc à asservir le gouver-

nail à un manipulateur situé au poste de manœuvre, de telle manière qu'à chaque position du manipulateur corresponde une position du gouvernail. Il en était ainsi d'ailleurs sur tous les anciens navires, puisque le manipulateur, qui était la roue de la barre, provoquait les déplacements du gouvernail à l'aide de *drosses* agissant soit directement sur la barre, soit sur le tiroir d'un servomoteur à vapeur.

Il y avait là un asservissement dans l'espace complet, réalisé avec une précision plus ou moins grande, suivant le mou des drosses et le recouvrement des barrettes du tiroir du servomoteur à vapeur ; l'asservissement dans le temps était lui-même obtenu d'une manière assez stricte. Bien qu'un *faible* retard dans le fonctionnement de l'asservissement ne puisse avoir d'importance, on comprend cependant que ce retard ne puisse parfois, sans risque, être exagéré.

389. — La manœuvre électrique du gouvernail, pour être parfaite, doit permettre d'obtenir les mêmes résultats que la manœuvre ancienne. Si l'on veut supprimer les drosses ainsi que la machine à vapeur du gouvernail et actionner directement celui-ci avec un moteur électrique, il faut asservir le gouvernail au manipulateur électrique et employer un seul servomoteur électrique. Si l'on veut simplement supprimer les drosses, on peut commander, à l'aide d'un moteur électrique, le tiroir du servomoteur à vapeur conservé et asservir ce tiroir au manipulateur ; on aura ainsi un servomoteur électrique greffé sur un servomoteur à vapeur, ou plutôt une *commande asservie* du tiroir du servomoteur à vapeur du gouvernail. Bien entendu, pour éviter que les erreurs des deux asservissements s'ajoutent, il vaudra mieux asservir directement les mouvements du gouvernail à ceux du manipulateur, même lorsqu'on conserve l'intermédiaire du servomoteur à vapeur.

L'asservissement du gouvernail au manipulateur n'a d'ailleurs pas besoin d'être réalisé avec une très grande précision, ce qui rend le problème relativement facile à ré-

soudre ; il n'est pas davantage indispensable que la concordance des positions du manipulateur et du gouvernail soit continue, c'est-à-dire qu'elle ait lieu pour toutes les positions qu'ils peuvent occuper. Il suffit, en général, que cette concordance puisse être obtenue pour un certain nombre de positions à droite et à gauche, une dizaine tout au plus, sans avoir à se préoccuper des positions intermédiaires, tandis que dans les applications précédentes l'asservissement devait être continu.

Il importe surtout, dans le cas de la manœuvre du gouvernail, que la position *zéro* soit obtenue avec sûreté et que le *sens* du déplacement ne puisse être erroné ; si ces deux conditions sont remplies, l'asservissement peut se réduire à une grossière proportionnalité des angles du manipulateur et des angles du gouvernail.

390. — Ne peut-on pas, pour la manœuvre ou la commande électrique du gouvernail, se passer de l'asservissement ? Certainement la chose est possible et, dans un grand nombre de cas même, l'asservissement est inutile. Bien qu'on ne puisse, du poste de manœuvre, voir le gouvernail et apprécier directement ses inclinaisons, certains dispositifs permettent de s'en rendre compte indirectement. C'est ainsi qu'une transmission mécanique liée au mouvement du gouvernail peut faire mouvoir une aiguille sur un cadran et constituer ce qu'on appelle un *axiomètre,* indiquant les angles de barre, placé assez loin du gouvernail lui-même et pouvant être visible par conséquent pour celui qui gouverne ; en passant, signalons que cet axiomètre est alors asservi au gouvernail. L'électricité se prête merveilleusement à ces *indications à distance* et l'on peut aisément concevoir plusieurs *indicateurs électriques des angles de barre,* que l'on peut mettre sous les yeux de celui qui doit manœuvrer le gouvernail ; presque tous les navires modernes possèdent de tels indicateurs. Comme l'opérateur, grâce à l'indicateur, connaît toujours, au moins approxima-

tivement, la position du gouvernail, il peut alors, à l'aide d'une *commande non asservie,* manœuvrer le moteur électrique actionnant le gouvernail ou le tiroir du servomoteur à vapeur, de manière à modifier la position du gouvernail en connaissance de cause, suivant les besoins ; il peut mettre en marche, par exemple, le gouvernail vers la droite pour augmenter son inclinaison dans ce sens et arrêter le mouvement en ramenant le manipulateur au zéro, lorsque l'indicateur des angles de barre montre que l'angle désiré est atteint. Ainsi une commande non asservie combinée à un indicateur des angles de barre peut servir à la manœuvre ; il faut toutefois songer qu'un servomoteur est néanmoins ici employé, puisque, en réalité, l'indicateur des angles de barre est asservi au gouvernail, au lieu que celui-ci soit asservi au manipulateur.

391. — Toutefois, la commande non asservie ne peut remplacer la commande asservie dans tous les cas ; au moins ne peut-elle permettre une manœuvre toujours aussi aisée. Certainement, comme nous venons de l'expliquer, lorsqu'on veut donner au gouvernail une inclinaison déterminée, convenue à l'avance, la commande non asservie permet d'arriver aisément au résultat, grâce à l'indicateur des angles de barre qui la complète nécessairement ; c'est le cas qui se présente lorsque l'homme de barre ne fait qu'exécuter les ordres d'un officier placé près de lui et qui énonce les angles de barre à obtenir ; sans avoir à se préoccuper de la route du navire, cet homme agit sur le manipulateur en se guidant uniquement sur l'indicateur des angles de barre.

Mais, lorsque l'homme de barre doit réellement diriger lui-même le navire, en suivant un alignement ou en gouvernant au compas, il faut qu'il suive des yeux le compas ou l'alignement, en même temps qu'il manœuvre le gouvernail pour maintenir le navire dans sa route. Avec une *commande asservie,* l'homme de barre donne au gouvernail des inclinaisons d'autant plus grandes que le manipulateur fait lui-

même des angles plus grands avec sa position zéro ; l'inclinaison du gouvernail est conservée tant que le manipulateur reste dans la position où on l'a amené ; le gouvernail est redressé en même temps que le manipulateur. Tout se passe alors exactement comme si réellement l'homme de barre agissait directement sur le gouvernail ; cet homme a conscience des angles du gouvernail, tout au moins de l'ordre de grandeur de ces angles, grâce au mouvement de plus ou moins grande amplitude communiqué au manipulateur, sans avoir besoin de regarder un indicateur des angles de barre. Avec une *commande non asservie,* au contraire, l'homme de barre ne connaît la position du gouvernail que par l'indicateur, la position du manipulateur n'ayant aucune relation avec la première et indiquant seulement le mouvement ou le repos du moteur électrique. Il faut donc que l'homme de barre suive des yeux l'alignement ou le compas, et en même temps l'indicateur des angles de barre, qu'il prenne garde au sens dans lequel il doit agir pour obtenir la rectification désirée dans la position du gouvernail et qu'il n'oublie pas de ramener le manipulateur au zéro, s'il désire que la position actuelle du gouvernail soit conservée. Certainement on arrive, avec quelque apprentissage, à pratiquer convenablement cet exercice ; mais nous estimons que l'emploi d'une commande asservie facilite singulièrement la tâche de l'homme de barre, dans le cas que nous examinons maintenant, et rend les erreurs moins probables ; la commande électrique asservie ne fait d'ailleurs que remplacer l'asservissement mécanique par les drosses employées invariablement autrefois.

392. — Nous tenons surtout, dans cette question de l'asservissement, à mettre en garde contre des jugements mal fondés qui font attribuer le mauvais fonctionnement d'un appareil de commande à l'emploi de l'*asservissement* alors qu'il est dû à un défaut du *servomoteur particulier* utilisé. Certainement, nous sommes d'avis, surtout en ce

qui concerne la manœuvre du gouvernail, qu'une commande non asservie d'un fonctionnement sûr vaut mieux qu'une commande asservie mal conçue et sujette à avaries ; mais ce n'est là qu'une préférence particulière et subordonnée uniquement à la mauvaise qualité de la commande asservie et il n'est pas interdit d'espérer que des servo-moteurs simples et d'un fonctionnement sûr permettront un jour de réaliser la manœuvre du gouvernail, ou celle des projecteurs, avec toute la facilité que l'emploi de l'asservissement doit donner.

393. *Transmetteurs d'ordres.* — Dans ce qui précède, nous n'avons examiné l'emploi de l'asservissement que dans les applications où l'on se propose d'obtenir un travail mécanique à l'aide d'un moteur électrique ; c'est ce moteur qui est alors asservi, ou les organes qu'il entraîne. Dans bien d'autres cas, à bord des navires, l'asservissement est mis à contribution. Ainsi, toutes les fois qu'on a besoin de *transmettre à distance* des indications quelconques, des mesures effectuées par un appareil, ou des ordres, il est tout naturel d'asservir à l'appareil transmetteur un appareil récepteur. L'appareil transmetteur consiste, en général, en un cadran parcouru par l'index d'un manipulateur et portant les diverses indications à transmettre ; le transmetteur peut aussi être constitué par un appareil de mesure. Le récepteur comprend un index asservi à celui du manipulateur et parcourant une graduation ou un cadran portant les mêmes indications que celui du transmetteur. Ces transmetteurs d'indications ou d'ordres peuvent naturellement être électriques et le courant peut y être utilisé de plusieurs manières. Dans certains modèles, de petits moteurs électriques peuvent constituer les organes mettant en mouvement les index et ils rentrent alors dans la classe des moteurs asservis dont nous venons d'examiner les divers emplois.

CHAPITRE VII

COMMANDE ÉLECTRIQUE DES PROJECTEURS A DISTANCE

394. Utilité de la commande à distance. — Les projecteurs à arc voltaïque en usage dans la marine de guerre ont été primitivement manœuvrés à la main par des hommes placés dans leur voisinage immédiat et agissant directement sur eux pour donner au faisceau lumineux la direction convenable.

Outre le danger que présente cette manœuvre, il est difficile à un opérateur placé près du projecteur d'explorer lui-même du regard le champ à éclairer et d'imprimer au projecteur l'orientation désirée. Il faut alors qu'un second observateur, placé dans une position convenable, transmette ses ordres à l'appareil, à la voix, ou par tout autre moyen, une sonnerie électrique ou le téléphone, par exemple.

On comprend dès lors l'intérêt qu'il peut y avoir à manœuvrer le projecteur à distance, lorsqu'il doit être employé comme chercheur.

Les avantages de la commande à distance sont les suivants :

Possibilité de placer les appareils en des points où leur manœuvre directe serait difficile ou dangereuse, dans les hunes, en dehors des sabords du navire ;

Direction unique de l'appareil confiée à l'observateur, ce qui évite les erreurs et les pertes de temps ;

Liberté absolue de choisir les positions les plus favorables à l'observation ;

Réduction du personnel consacré au service des projecteurs.

395. Conditions à réaliser. — Tout d'abord, la lampe employée dans le projecteur doit être automatique.

Le mécanisme de direction du projecteur doit présenter une grande précision de mouvement. Il faut, en effet, déplacer un faisceau qui, comme celui du projecteur Mangin, présente souvent à peine 2 degrés de divergence et dont la section est alors peu considérable, même à une grande distance.

Pour la rapidité des recherches, il est indispensable que les déplacements horizontaux ou verticaux du projecteur, dans les deux sens, puissent être, à volonté, de faible amplitude ou très larges.

Une autre condition est que tout arrêt de l'appareil se produise instantanément dans toutes les positions, de manière à ne pas dépasser, avec le faisceau, le point que l'on cherche à mettre en pleine lumière.

Il faut, de plus, et c'est là une des conditions les plus importantes à remplir, une fois l'objet atteint par les rayons lumineux, que l'on puisse faire succéder aux déplacements d'assez grande amplitude, nécessaires pour la recherche, des déplacements angulaires très lents permettant de conserver l'objet dans le champ éclairé.

Enfin, la commande à la main doit pouvoir se substituer immédiatement, par un simple débrayage, à la commande à distance.

L'emploi d'électromoteurs est tout indiqué ici ; nous allons décrire un de ces projecteurs commandés à distance, établi par MM. Sautter et Harlé. Nous décrirons également la commande des projecteurs de la maison Bréguet.

396. Projecteur commandé à distance de MM. Sautter et Harlé. — Les appareils comprennent :

1° Le projecteur proprement dit avec son mécanisme moteur ;

2° Le poste de commande ;



3° Un câble à six conducteurs reliant le projecteur au poste de commande.

397. Projecteur. — Le socle du projecteur renferme un électromoteur M à un seul électro-aimant inducteur en dérivation et à double induit (*fig. 108 et 109*). Les deux induits sont absolument indépendants l'un de l'autre et produisent : l'un, le mouvement d'orientation ; l'autre, le mouvement d'inclinaison du projecteur.

Sur l'arbre d'un des induits est calé un pignon P', engrenant avec une grande roue dentée R'. Une vis hélicoïdale V', montée sur le même arbre que cette roue, entraîne la roue B, qui, à son tour, par le pignon C, fait tourner la roue C' et le plateau S du projecteur, avec lequel elle est solidaire. Entre l'arbre de la roue B et celui du pignon C est un embrayage A, commandé par le levier extérieur E. On peut, en agissant sur ce levier, débrayer rapidement la commande électrique et manœuvrer à la main, s'il est nécessaire.

De même, l'axe du second induit commande l'arbre fileté T par le pignon P, la roue R et la vis V. L'arbre T, en tournant dans un sens ou dans l'autre, fait monter ou descendre la douille J qui lui sert d'écrou ; cette douille transmet son mouvement au projecteur par l'intermédiaire des leviers L, L', L'' articulés en *l, l', l''*.

Le mouvement d'inclinaison du projecteur dans le plan vertical est limité automatiquement en haut et en bas de la manière suivante :

Sur la douille filetée J est claveté un doigt F, qui monte ou descend avec elle. Ce doigt rencontre successivement, dans son mouvement, deux leviers G et G' articulés sur un axe horizontal ; il les fait basculer autour de cet axe. Les leviers portent chacun deux contacts qui viennent, par suite de leur déplacement, établir ou rompre le courant qui circule dans l'induit du pointage en hauteur ; on règle l'écartement des leviers G et G' de manière que le courant

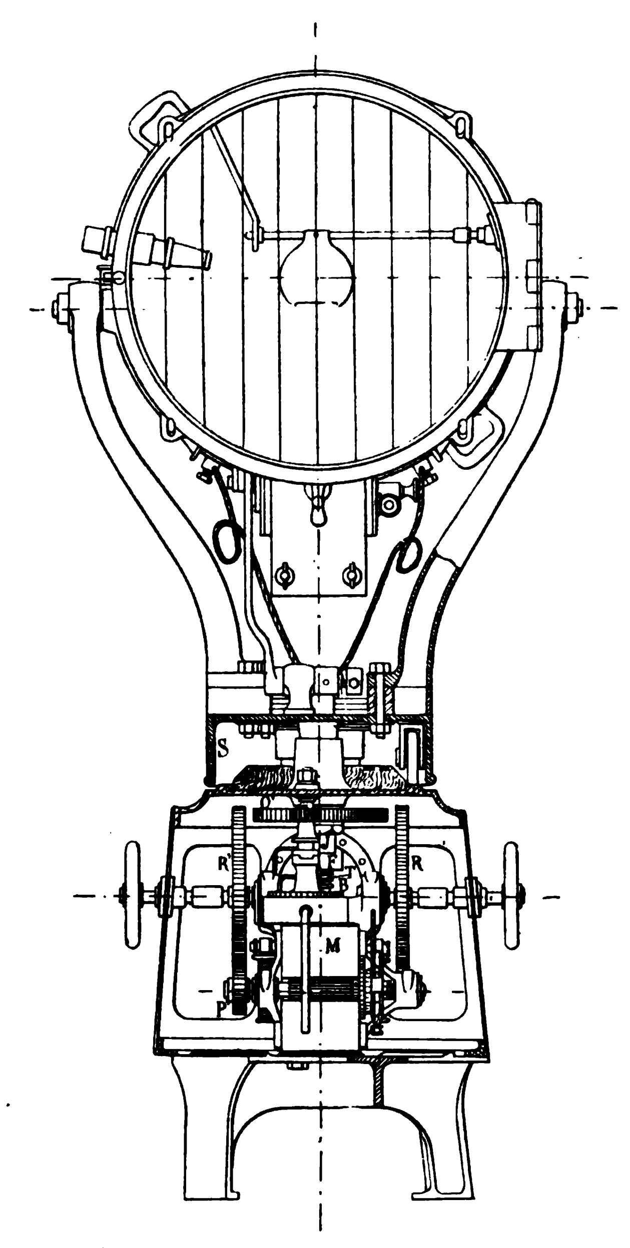


Fig. 108. — Projecteur commandé électriquement à distance, système *Sautter et Harlé*.
Élévation.

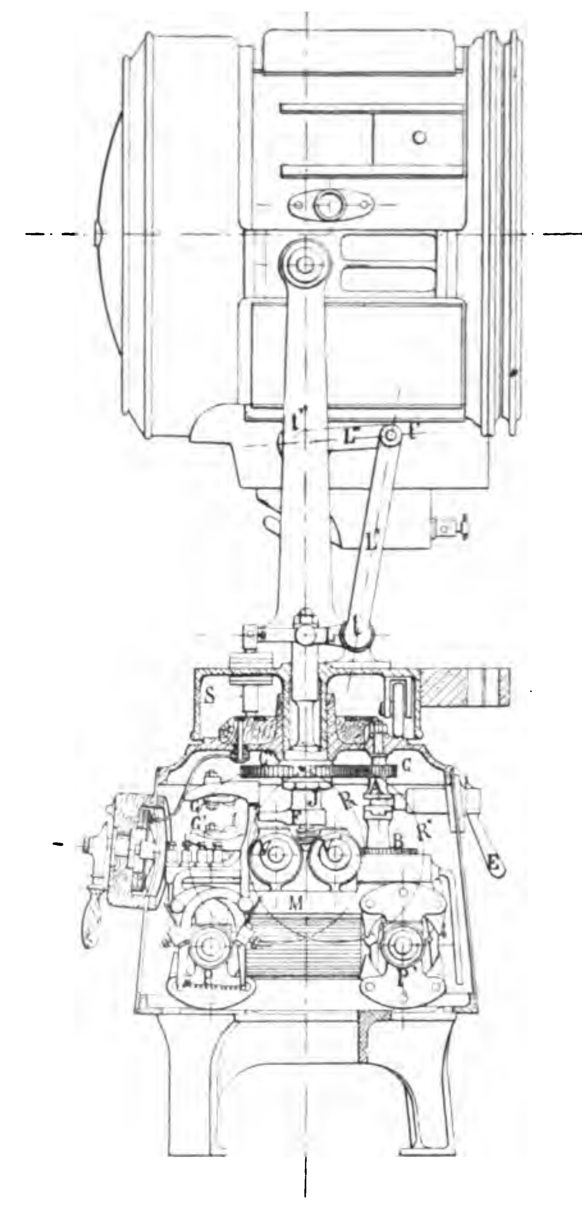


Fig. 109. — Projecteur commandé électriquement à distance, système *Sautter et Harlé*.
Profil.

dans l'induit soit rompu quand l'inclinaison du projecteur, soit en haut, soit en bas, atteint une valeur limite ; en même temps, l'induit est mis en court-circuit, de sorte que l'arrêt est très brusque.

398. Poste de commande. — Le poste de commande se compose d'une caisse rectangulaire renfermant deux rhéostats R et R′ et portant (*fig. 110*) un interrupteur d'arrêt ou de mise en marche, ainsi que les commutateurs-inverseurs commandant le mouvement en direction et le mouvement en hauteur.

Un de ces inverseurs se compose de deux cercles en cuivre superposés et divisés en plusieurs segments *f, a, b, c, b′, a′* et *d, e*. Sur le schéma, ces cercles ont été figurés concentriques ; en réalité, ils sont l'un au-dessus de l'autre. Un levier mobile autour de l'axe C porte à ses deux extrémités des pièces de cuivre A et B isolées de lui et qui permettent de mettre en communication, suivant la position du levier, deux des segments des cercles superposés. L'axe du levier est muni d'ailleurs d'un fort ressort logé dans la boîte-cylindre C, qui tend à ramener le levier dans la position de repos quand on l'abandonne à lui-même ; cette position de repos est horizontale pour l'inverseur de droite qui commande le pointage en hauteur ; elle est verticale pour l'inverseur du pointage en direction, celui de gauche.

Les connexions sont établies comme le montre la figure 110 entre les inverseurs C et C′, les rhéostats correspondants R et R′, l'interrupteur I, l'induit D du pointage en hauteur, l'induit F du pointage en direction, leur inducteur commun E et la génératrice G.

On a également représenté l'interrupteur I_1 placé sur le socle du projecteur et permettant de couper ou de fermer le circuit venant de la génératrice et alimentant la lampe du projecteur, les bornes S, S du socle, les bornes S′, S′ du plateau tournant, les bornes S″, S″ de la lampe, la résistance R_1 intercalée dans le circuit de la lampe.

399. — Il est facile de voir que si les leviers des commutateurs-inverseurs sont dans la position de repos où les

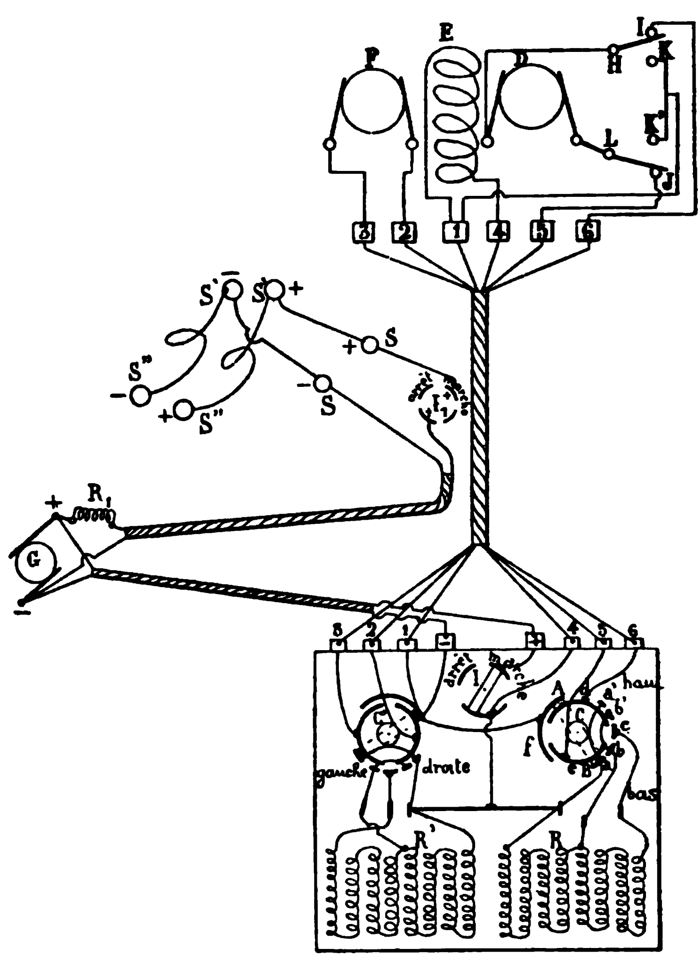


Fig. 110. — Commande électrique des projecteurs, système *Sautter et Harlé*. Schéma des connexions.

amènent naturellement leurs ressorts, et si l'interrupteur I est sur « marche », l'inducteur E est excité, mais le courant ne passe pas dans les induits qui sont mis en court-circuit par

les pièces de contact A et B des leviers de manœuvre des inverseurs qui établissent alors une communication entre les secteurs *d* et *e*. Le courant venant de la source passe alors dans les rhéostats R et R′ en dérivation et retourne à la génératrice en passant par le segment *c* de chaque inverseur, la pièce A, les segments *d* et *e*, la pièce B, le segment *f*.

Si, au contraire, on vient à tourner l'un des leviers, on voit que le courant passe dans l'induit dans un sens ou dans l'autre, avec interposition d'une portion du rhéostat d'autant plus faible que le levier est écarté davantage de sa position de repos. Dans la position indiquée sur la figure, le courant passe dans chaque induit, sans qu'aucune résistance soit interposée ; les mouvements du projecteur se produisent alors avec leur vitesse maximum.

400. — Pour produire de faibles mouvements angulaires, il suffit de donner au levier de l'inverseur des secousses légères et répétées, de manière que la pièce de contact B touche les segments *c, e* ou *c, d,* suivant le sens du déplacement à provoquer.

401. — Nous pouvons montrer sur la figure 110, d'une façon plus explicite que nous ne l'avons fait jusqu'à présent, comment est limité automatiquement le mouvement d'inclinaison du projecteur vers le haut ou vers le bas (30° en dessous et 20° au-dessus de l'horizontale au maximum).

Nous avons dit que le doigt F (*fig. 109*), en montant ou en descendant, venait rencontrer les leviers G ou G′ qui basculent alors autour d'un axe horizontal ; ces leviers, qu'un ressort maintient d'ailleurs en temps ordinaire dans leur position normale, portent deux contacts fixés à un même bloc rigide, mais isolés l'un de l'autre. Dans la figure 110, on a représenté en I et K les contacts portés par le levier G, par J et K′ les contacts du levier G′, et leurs connexions avec le reste des organes.

D'autre part, des étriers H et L reliés aux balais du moteur commandant le pointage en hauteur appuient dans la position normale des leviers G et G' sur les contacts I et J et permettent ainsi le passage du courant dans l'induit. Les étriers à ressort sont combinés de manière à basculer dans un sens ou dans l'autre dès qu'ils dépassent la position horizontale. Ceci posé, supposons que le moteur tourne dans un sens tel qu'il fasse descendre le doigt F. Arrivé en un certain point de sa course correspondant à l'inclinaison maximum du projecteur, ce doigt appuie sur le levier G', le fait basculer et fait aussi monter le bloc portant les contacts J et K'. L'étrier L, entraîné par le contact J, s'élève et, aussitôt qu'il est horizontal, il quitte brusquement le contact J pour venir frapper le contact K'. Ainsi qu'on peut le vérifier, le courant est alors rompu dans l'induit du moteur qui, en même temps, est mis en court-circuit.

Si alors on tourne le levier de l'inverseur C de manière qu'il occupe une position perpendiculaire à celle figurée, le court-circuit de l'induit est rompu et il est parcouru par un courant inverse; il tourne alors en sens inverse de son mouvement primitif, le doigt F remonte et libère le levier G', qui reprend sa position normale.

402. Forme extérieure actuelle du poste de commande, système Sautter et Harlé. — Les organes du poste de commande n'ont pour ainsi dire pas été modifiés, depuis la mise en service des premiers appareils; la forme extérieure seule a été changée.

Actuellement, le poste de commande est enfermé dans une enveloppe cylindrique en tôle ajourée; la majeure partie du volume de ce poste est occupée par le rhéostat; les deux commutateurs-inverseurs commandant le mouvement en direction et le mouvement en hauteur sont placés de telle manière que le mouvement du levier de manœuvre indique la nature et le sens du déplacement du projecteur; nous avons représenté le poste de commande actuel dans la

figure 111. On voit en L*h* le levier de manœuvre du mouvement en hauteur placé sur le côté de l'enveloppe ; en abaissant ce levier, on fait baisser l'arrière du projecteur ; en élevant le levier L*h*, on fait baisser le faisceau lumineux, absolument comme si on agissait directement sur le tambour du projecteur en se plaçant derrière. De la même manière, le levier L*d* du mouvement en direction étant posté

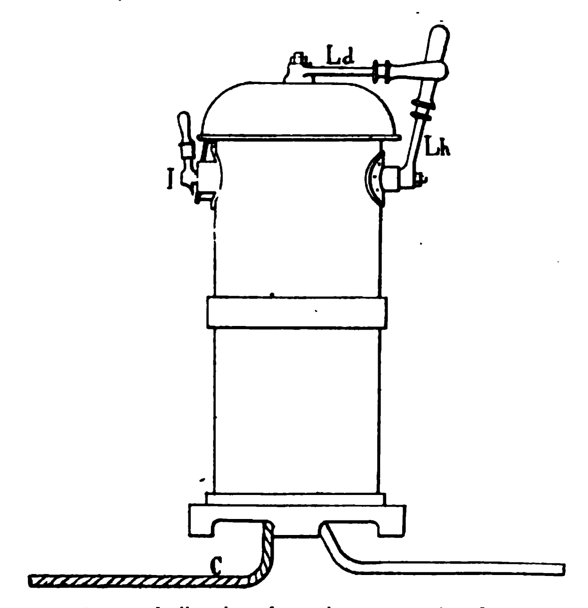


Fig. 111. — Commande électrique des projecteurs, système *Sautter et Harlé* ; forme actuelle du poste de commande.

sur la gauche, le faisceau vient à droite et inversement. On peut d'ailleurs établir aisément les correspondances que l'on désire entre le sens du déplacement du levier et le sens du déplacement du faisceau lumineux ; l'important, c'est que les mouvements en direction et en hauteur soient bien distincts, qu'il soit impossible de se tromper au sujet du levier particulier correspondant à chaque mouvement et qu'on puisse enfin obtenir *simultanément* les deux mouvements en agissant avec une main sur l'un des leviers et avec l'autre

sur le deuxième. La disposition sur le côté du levier correspondant au pointage en hauteur est à ce point de vue très commode. En I on a figuré l'interrupteur général.

403. Commande par relais. — Lorsque le projecteur est loin du poste de commande, comme par exemple dans les installations à terre, on a trouvé commode d'employer des relais comme intermédiaires entre le poste de commande et les électromoteurs, le courant avec lequel ces relais fonctionnent n'atteignant guère que quelques dixièmes d'ampère et les conducteurs intermédiaires pouvant alors être très réduits.

On a représenté dans la figure 112 le schéma des connexions entre un poste de commande par relais et le projecteur.

On voit en B et D les induits d'inclinaison et d'orientation avec leur inducteur commun E. Le mouvement du moteur d'orientation est commandé par deux relais droite et gauche L établissant des communications dans un sens ou dans l'autre entre la génératrice P et le moteur D; au repos, l'induit D est en court-circuit; un relais M met en court-circuit, quand il est actionné, une résistance intercalée sur le circuit de D, provoquant ainsi l'accélération du mouvement.

De même, les relais haut et bas J permettent de faire monter ou descendre le faisceau par l'intermédiaire du moteur de pointage en hauteur B, et le relais K, quand il est actionné, met en court-circuit la résistance intercalée sur le circuit de B.

On voit en A″ et C″ des interrupteurs placés sur le circuit des deux relais J de pointage en hauteur; ces interrupteurs actionnés automatiquement à fin de course par le projecteur lui-même arrêtent ce dernier, l'induit B étant mis en court-circuit.

Le manipulateur O comprend deux petits commutateurs. L'un d'eux actionne le pointage en direction. En reliant les

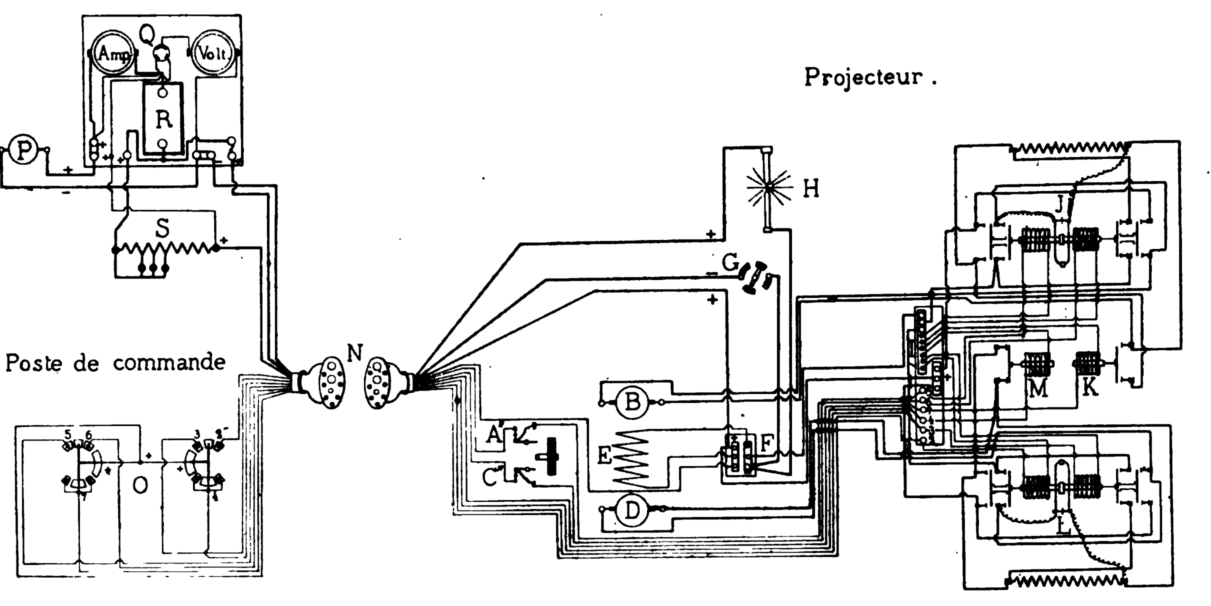


Fig. 112. — **Commande électrique des projecteurs par relais, système *Sautter et Harlé*; schéma des connexions.**

fils 2 ou 3 au pôle positif de la source, on excite l'un des deux relais L et on met en marche le projecteur vers la droite ou vers la gauche ; en reliant 4 au pôle positif, on excite le relais M et on accélère le mouvement. De même, avec le deuxième commutateur, si on relie au pôle positif 5 ou 6, on excite l'un des relais J et on pointe en hauteur ; en reliant 7 au pôle positif, on excite le relais d'accélération K.

Sur un petit tableau, on voit en R un interrupteur général, à côté d'un ampèremètre et d'un voltmètre ; en S, la résistance intercalaire de la lampe. En N est un conjoncteur pour les divers conducteurs reliant le poste de commande au projecteur ; en G est l'interrupteur du projecteur et en H la lampe. Enfin, F est une prise de courant pour divers conducteurs positifs et I également.

404. Projecteur commandé à distance, système Bréguet. — Les appareils comprennent :

1° Le *projecteur proprement dit,* à miroir parabolique, avec le mécanisme moteur des mouvements d'orientation et d'inclinaison ;

2° Le *manipulateur à distance ;*

3° Un câble à sept conducteurs reliant le projecteur au manipulateur à distance.

405. PROJECTEUR. — Le mécanisme de la commande à distance est presque entièrement enfermé dans le socle du projecteur. Il est représenté par les figures 113 et 114. Il comprend, pour l'orientation, un électromoteur *m'* dont l'arbre porte une vis tangente actionnant une roue hélicoïdale, pourvue d'un pignon relié, par une chaîne Galle, à un autre pignon fixé sur l'arbre *u'*. Une vis tangente, montée sur cet arbre *u'*, engrène avec une roue hélicoïdale *i* solidaire du moyeu du plateau mobile *o*. L'inducteur de l'électromoteur *m'* étant excité en permanence par une dérivation constante prise sur la source, il suffit donc de lancer dans l'induit un courant dans un sens ou dans l'autre pour

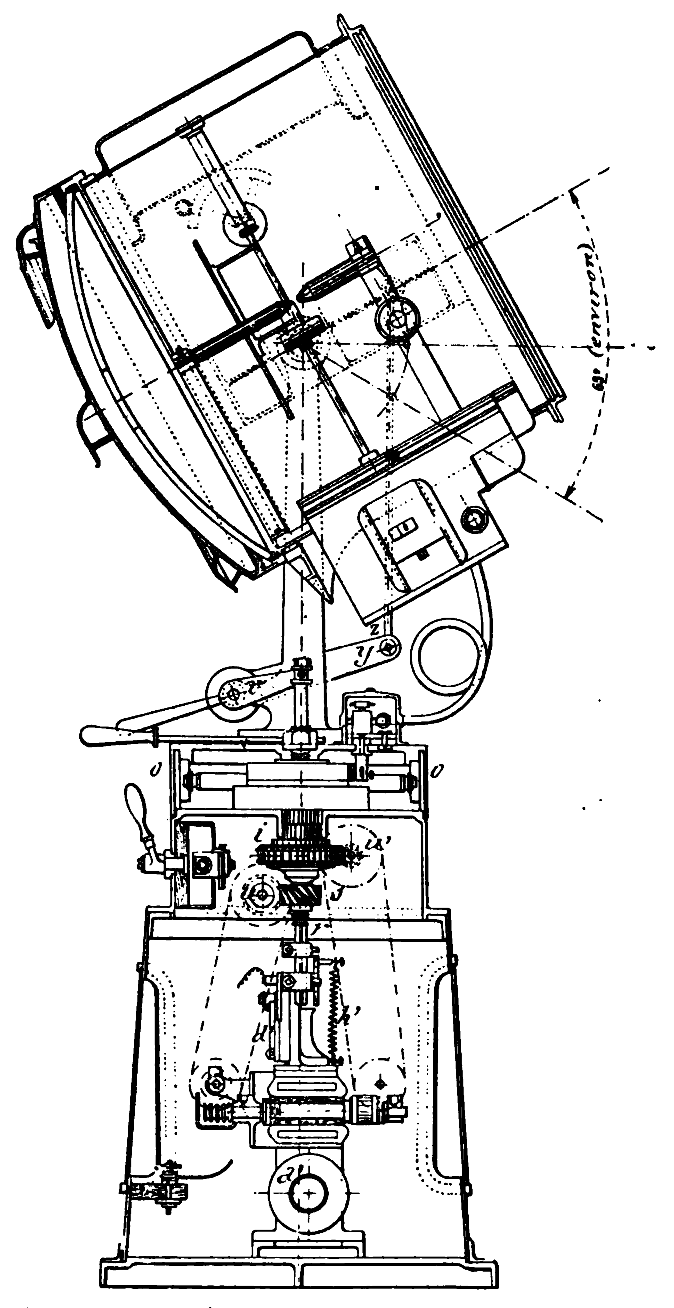


Fig. 113. — Projecteur à commande électrique, système *Bréguet*. Profil.

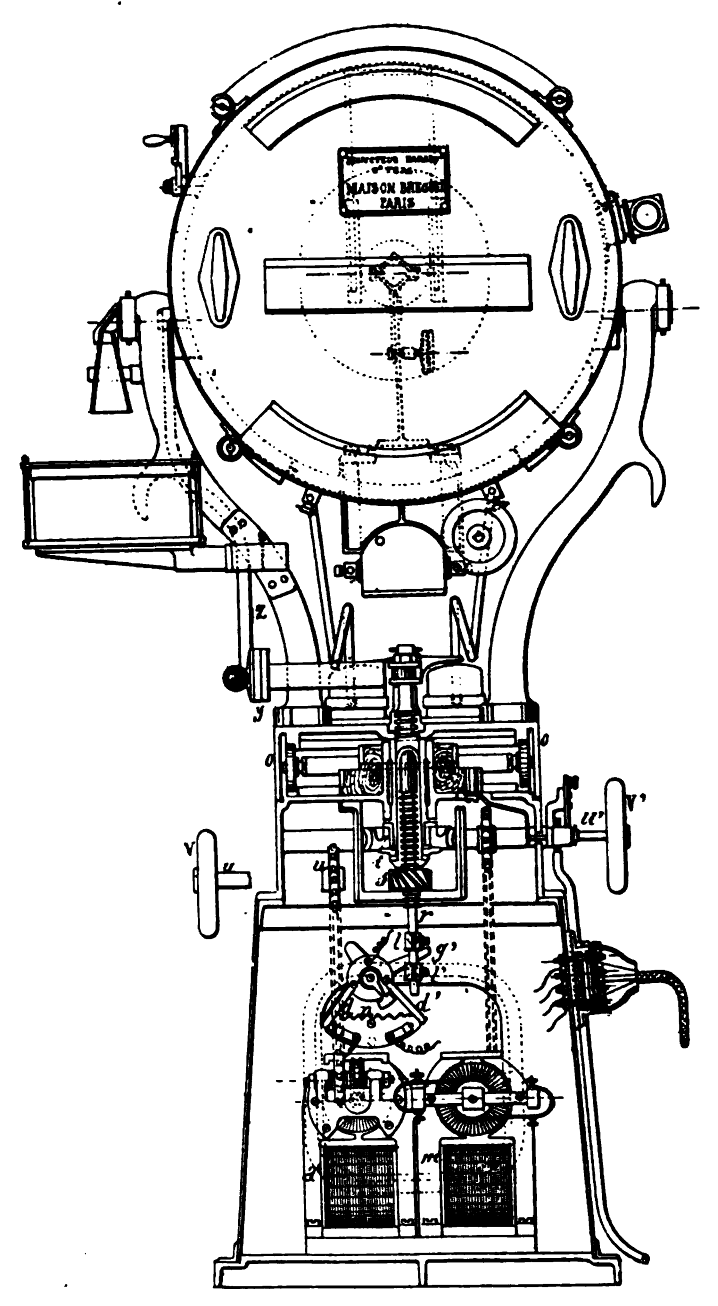


Fig. 114. — Projecteur à commande électrique, système *Bréguet*. Vue de face

faire tourner le plateau mobile *o* vers la droite, ou vers la gauche. Le volant V′ permet la manœuvre à la main. On peut débrayer l'axe *u*′ pour manœuvrer rapidement à la main.

406. — Le mouvement d'inclinaison est donné par un électromoteur *a*′, dont l'arbre agit, par l'intermédiaire d'une vis tangente, d'une roue hélicoïdale et d'une chaîne Galle, sur l'axe *u*. Une vis tangente montée sur cet axe engrène avec la roue *s* formant écrou pour la tige filetée *r*. L'électromoteur étant encore excité en dérivation, il suffit de lancer dans son induit un courant, dans un sens ou dans l'autre, pour faire monter ou descendre la tige *r* et, par l'intermédiaire des leviers *v, y, z,* incliner le tambour du projecteur vers le haut ou vers le bas. Le volant V permet de manœuvrer à la main. On peut débrayer l'axe *u* pour manœuvrer rapidement à la main.

407. — L'inclinaison du projecteur est limitée dans les deux sens par un interrupteur automatique de fin de course. A cet effet, la tige *r* agit, aux extrémités de sa course, par les collets *l* et *l*′, sur un levier coudé *g*′, maintenu dans une de ses positions extrêmes par un ressort *h*′. On voit que le petit bras du levier *g*′ soulève à chacune des extrémités de la course de la tige *r* l'un des contacts *d* et *d*′ interrompant par ce fait le courant dans l'induit du moteur d'inclinaison, mais permettant encore la mise en marche de cet électromoteur dans le sens opposé à celui qui vient d'être interrompu automatiquement. Les deux leviers à contact *d* et *d*′ sont reliés mécaniquement par un ressort isolé *n*.

408. Manipulateur a distance. — Le manipulateur, dans le système Bréguet, a reçu successivement des formes très diverses et le principe même suivant lequel ce manipulateur a été établi fut souvent très différent. Nous ne pouvons donner la description de tous les modèles successifs; nous étudierons seulement deux des derniers modèles.



409. 1° Manipulateur rectangulaire. — Les organes de la commande du mouvement d'orientation et du mouvement d'inclinaison sont renfermés dans une boîte en fonte rectangulaire et à chacun des mouvements est consacrée une moitié de la boîte. A droite, se trouve le mécanisme réservé à l'orientation ; à gauche, le mécanisme de l'inclinaison. Deux rhéostats indépendants, l'un servant pour les mouvements d'orientation, l'autre pour les mouvements d'inclinaison, se trouvent en arrière de la boîte renfermant les mécanismes. Chacun de ces rhéostats est sectionné en trois parties, de manière à pouvoir en intercaler dans le circuit une portion variable.

410. *Mécanisme d'orientation.* — Une manivelle *a*, clavetée sur un arbre *b*, met en mouvement deux tambours en carton comprimé *c* et *d* (*fig.* 115).

Le tambour *c* porte, à sa périphérie, quatre cercles en laiton e_1, e_2, e_3, e_4, constamment en contact avec quatre lames-ressorts en laiton f_1, f_2, f_3, f_4.

Le tambour *c* porte en outre, à sa partie avant, un commutateur bipolaire *g* ; à sa partie arrière, un plateau circulaire *h*, muni de quatre épanouissements h_1, h_2, h_3, h_4.

Le tambour *d* porte deux doigts i_1, i_2 en laiton, constamment appuyés par les ressorts k_1, k_2, contre les lames du commutateur inverseur *g*.

Tandis que le tambour *d* est goupillé sur l'axe *b*, le tambour *c* est fou sur cet axe, tend à rester en place par suite du frottement énergique des lames-ressorts *f* sur les cercles *e* et n'est entraîné dans le mouvement de l'arbre *b* que par le contact d'une goupille, fixée sur le tambour *d*, contre les extrémités d'une rainure pratiquée dans le tambour *c*.

On conçoit ainsi que la manœuvre de la manivelle *a* ait d'abord pour effet de déplacer les contacts i_1, i_2 en préparant ainsi le passage du courant à travers le commutateur inverseur dans un sens ou dans l'autre ; puis que, le mouvement de la manivelle *a* se prolongeant, le sens du cou-

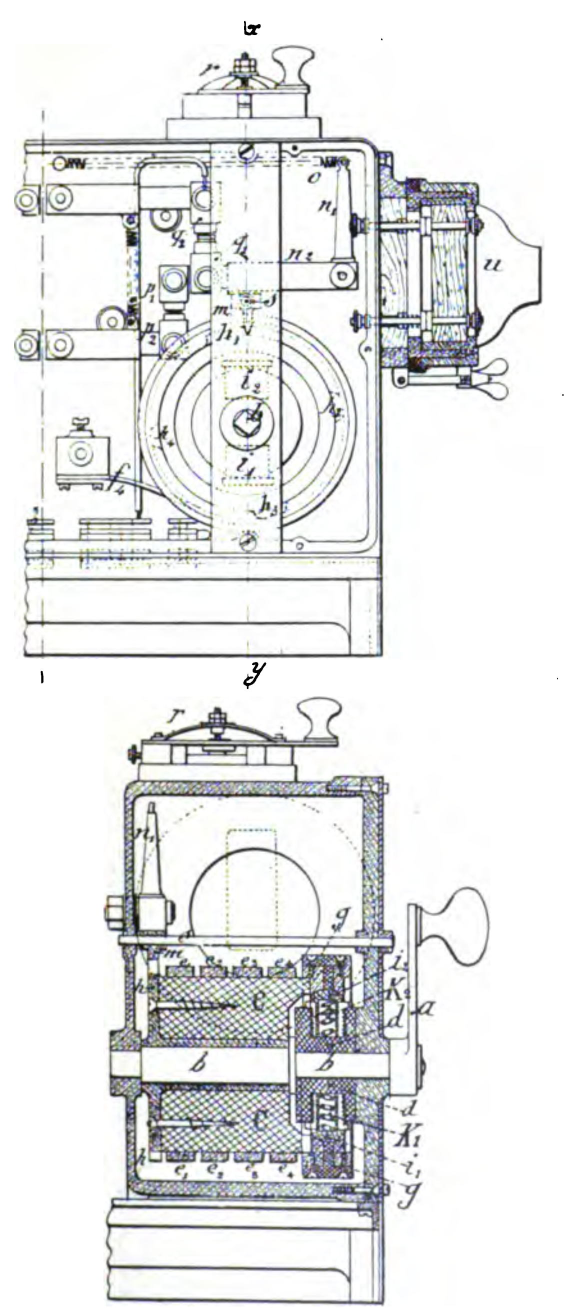


Fig. 115. — Commande électrique d'un projecteur, système *Bréguet*. Manipulateur. Élévation et coupe verticale.

rant étant maintenu, le tambour *c* soit entraîné ainsi que le plateau *h*, avec ses épanouissements. Dans leur mouvement, ces derniers viennent buter sur un petit levier *m*, en forme de T, qui soulève à son tour le grand bras du levier n_1, n_2, levier que le ressort *o* tend constamment à rabaisser.

A chacun des mouvements du levier n_1, n_2 correspond une séparation des deux charbons p_1, p_2. Comme nous le verrons, cette séparation des charbons entraîne la rupture du court-circuit entre les balais de l'électromoteur d'orientation.

En outre, le même soulèvement du levier n_1, n_2 établit un contact entre les charbons q_1, q_2, qui restent électriquement reliés pendant le temps d'un passage d'un épanouissement du plateau *h* sous le levier *m*. Nous verrons plus tard que ce contact q_1, q_2 fait passer le courant électrique dans l'induit du moteur dans le sens préparé par le premier mouvement de la manivelle *a* sur l'inverseur *g*.

Le mécanisme d'orientation est complété par un commutateur de rhéostat *r*, placé au-dessus de la caisse renfermant les appareils.

411. *Mécanisme d'inclinaison.* — On retrouve les mêmes organes que pour le mécanisme d'orientation. Cependant, il existe, sur le tambour en carton *c'*, cinq cercles de laiton au lieu de quatre, avec cinq lames-ressorts, frottant sur ces cercles. Le dédoublement d'un des cercles tient à la présence de l'interrupteur automatique à fin de course nécessaire pour le mouvement d'inclinaison. En effet, tandis que, pour l'orientation, les deux balais de l'électromoteur correspondant sont mis en relation par des fils avec les frotteurs f_3, f_4, pour l'inclinaison, l'un des balais est mis en relation avec f'_5 et l'autre balai est mis en relation avec les contacts *d*, *d'* de l'interrupteur automatique, chacun des charbons sur lesquels ces contacts peuvent venir appuyer étant lui-même relié à des frotteurs f'_3, f'_4.

Le mécanisme d'inclinaison est aussi complété par un commutateur de rhéostat *r'* placé à la partie supérieure.

La figure 116 contient une vuê extérieure de la caisse, contenant les appareils manipulateurs. On y voit les manivelles *a* et *a'* commandant les deux mouvements, les deux

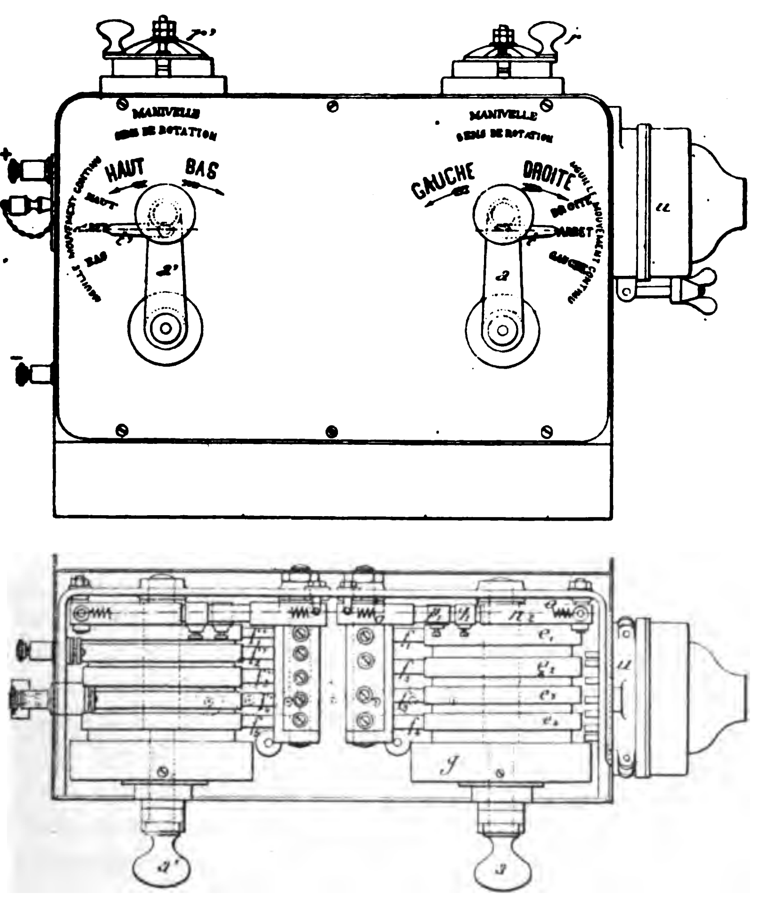


Fig. 116. — Commande électrique d'un projecteur, système *Bréguet*. Manipulateur. Vue extérieure et plan.

commutateurs de rhéostat *r* et *r'*. En outre, deux aiguilles ou index *t* et *t'* ont un petit déplacement angulaire, dans un sens ou dans l'autre. Ce mouvement est lié par l'axe *s* (*fig. 115*) à celui que prend le levier *m* sous l'action des

épanouissements du plateau *h*. L'inclinaison de ce levier *m* est différente, suivant le sens de la rotation de la manivelle *a* et elle est indiquée par l'index *t*.

Sur la caisse, on aperçoit deux bornes marquées (+) et (—) servant d'attaches aux conducteurs du circuit d'alimentation de la commande électrique du projecteur. La borne (+) porte une fiche d'interruption. Il existe aussi neuf bornes sans inscription, destinées aux rhéostats, aux divers mécanismes et aux fils de ligne. Enfin, on voit, sur la figure, le conjoncteur *u* pour les sept conducteurs allant au projecteur.

Un câble à sept conducteurs relie ce conjoncteur à un conjoncteur identique placé près du projecteur et dont les contacts numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 sont reliés à cinq bornes du projecteur, numérotées 1, 2, 3, 4, 7 et aux charbons contacts de l'interrupteur automatique du mouvement d'inclinaison.

412. *Marche du courant et fonctionnement des appareils.* — Supposons les manivelles *a* et *a'* au repos, de telle sorte qu'aucune communication n'est établie entre les lames des inverseurs. Si la fiche interruptrice de la borne (+) est en place, on voit, sur la figure 117, que le courant peut suivre le chemin : borne (+), contact 4 du conjoncteur du manipulateur, fil 4 du câble à sept conducteurs, contact 4 du conjoncteur du projecteur, borne 4, inducteur d'inclinaison, inducteur d'orientation, borne 1, contact 1 du conjoncteur, fil 1 du câble à sept conducteurs, contact 1 du conjoncteur du manipulateur, borne (—) du manipulateur. Les deux inducteurs sont donc excités en permanence dès que la fiche interruptrice est en place.

De plus, le courant peut suivre le chemin : borne (+), borne du milieu sans désignation du socle du manipulateur, les deux rhéostats, bornes deuxième et sixième sans désignation du socle, charbons supérieurs q_1 et q'_1, charbons en contact p_1, p_2 d'une part, p'_1, p'_2 d'autre part, ressorts f_1 et f'_1, borne (—).

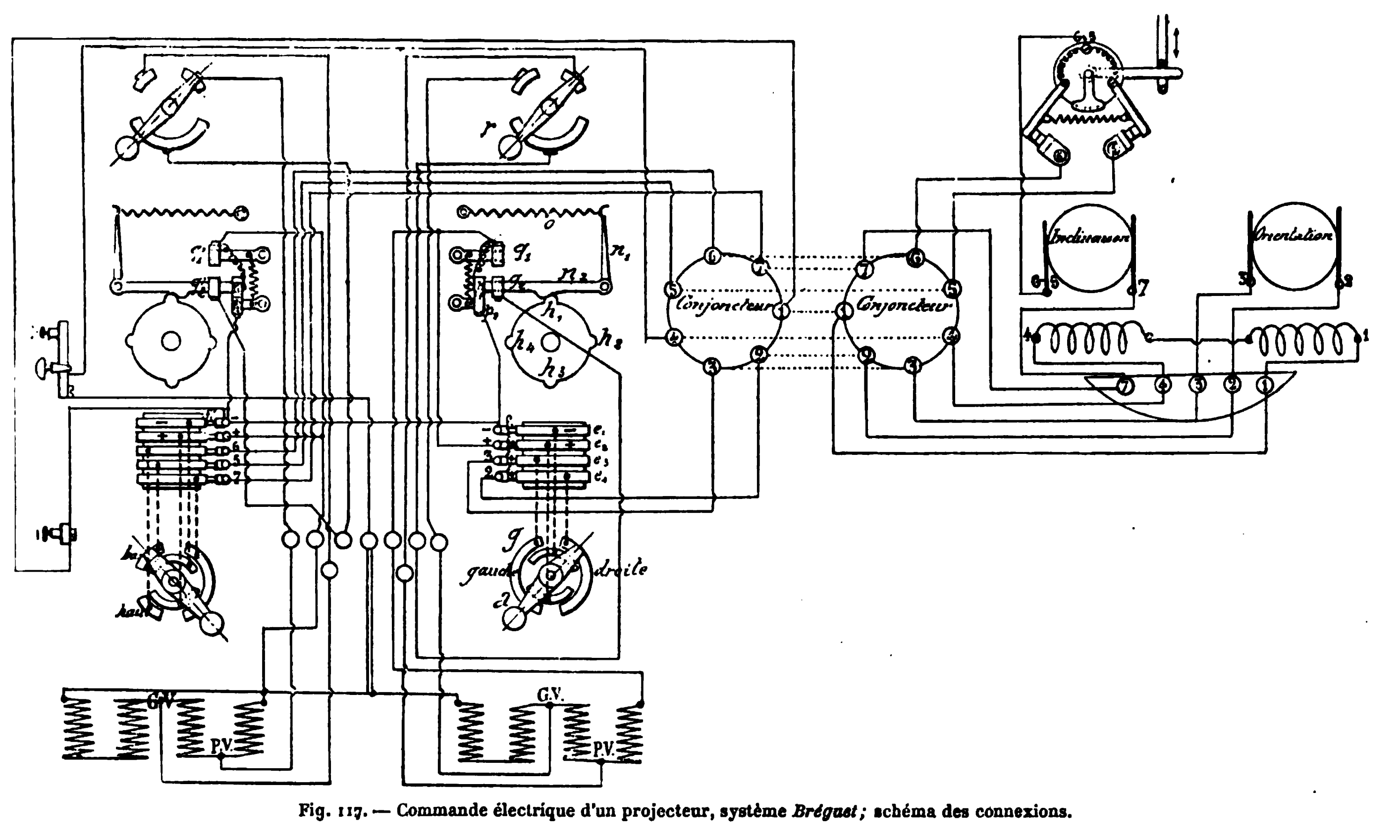


Fig. 117. — Commande électrique d'un projecteur, système *Bréguet* ; schéma des connexions.

Le courant se divise donc en deux parties, dont l'une traverse le rhéostat d'orientation et l'autre, le rhéostat d'inclinaison.

413. — Supposons maintenant qu'on manœuvre la manivelle *a* du mouvement d'orientation vers la *droite*.

Dans la première partie du mouvement, l'inverseur met :

Le cercle (—) en communication avec le cercle (2);

Le cercle (+) en communication avec le cercle (3). Le courant semble donc pouvoir aller de (3) à (2) dans l'induit du moteur d'orientation. Mais, si le mouvement de la manivelle n'a pas été assez prolongé pour entraîner le tambour *c* et par suite n'a fait passer aucun des épanouissements h_1, h_2, h_3, h_4 sous le levier *m* en forme de T, les deux charbons p_1 et p_2 sont restés en contact, mettant en court-circuit les deux balais du moteur (2) et (3).

L'électromoteur ne démarre pas encore ; mais si on poursuit le mouvement de la manivelle *a*, jusqu'à ce qu'un épanouissement soulève le levier *m*, sépare les charbons p_1 et p_2 et mette en contact les charbons q_1 et q_2, l'électromoteur d'orientation se met en mouvement, le courant suivant le chemin :

Borne (+), rhéostat entier, cercle (+), cercle (3), balai (3) du moteur, balai (2), cercle (2), cercle (—), borne (—). Si q_1 touche q_2, on voit, en outre, que le courant n'a pas besoin de parcourir tout le rhéostat et peut en sortir, soit par le point PV (petite vitesse), soit par le point GV (grande vitesse), suivant que le commutateur *r* supérieur est placé sur la touche PV ou sur la touche GV, le contact $q_1 q_2$ mettant en court-circuit une partie plus ou moins grande du rhéostat.

L'index *t* indique précisément, par son déplacement, que la manivelle *a* a été tournée suffisamment pour faire agir un des épanouissements du plateau *h*.

Si on donne à la manivelle *a* un mouvement continu de rotation, à chaque passage sous le levier *m* d'un épanouisse-

ment correspondra un petit déplacement suivi d'un arrêt par court-circuit de l'électromoteur.

On pourra donc déplacer le projecteur par petits mouvements aussi souvent répétés qu'on le voudra.

Le déplacement de la manivelle sur la gauche produira l'orientation du projecteur vers la gauche, par petits mouvements successifs, si on donne à la manivelle un mouvement de rotation continu ; le mouvement du projecteur sera, au contraire, continu, si on laisse la manivelle immobile après que l'index *t* indiquera le mouvement sur la gauche.

Les mouvements d'inclinaison du projecteur se produisent et s'expliquent comme ceux d'orientation.

414. 2° Manipulateur cylindrique. — La figure 118 représente la vue extérieure en élévation et plan du manipulateur adopté actuellement par la maison Bréguet pour le poste de commande des projecteurs ; le modèle que nous figurons est celui correspondant aux *projecteurs de sabord* qui est plus complet ; nous indiquerons les simplifications pour les projecteurs de hune.

Dans l'enveloppe cylindrique E sont renfermés les organes établissant les communications et les rhéostats ; on voit seulement, sur la figure 118, la manette O commandant le mouvement d'orientation, la manette I du mouvement d'inclinaison, la manette L servant à l'allumage de la lampe, la manette S utilisée pour les *signaux,* dans les projecteurs de sabord, enfin la manette G de l'interrupteur général. Le câble à conducteurs multiples réunissant le poste de commande au projecteur est figuré en C.

415. — Dans la figure 119 on a représenté la coupe verticale du manipulateur par l'axe autour duquel tourne la manette O du mouvement d'orientation. On voit, dans cette figure, que la manette I du mouvement d'inclinaison agit, par l'intermédiaire des pignons d'angle, ou mieux des secteurs dentés *s* et *s'*, sur l'axe *ai* vertical ; cet axe *ai* entraîne

un tambour *ti* portant des contacts qui viennent en communication avec des frotteurs fixes *f*. De même, la manette O agit directement sur l'axe *ao* entraînant le tambour *to*, ce tambour établissant également des contacts avec d'autres

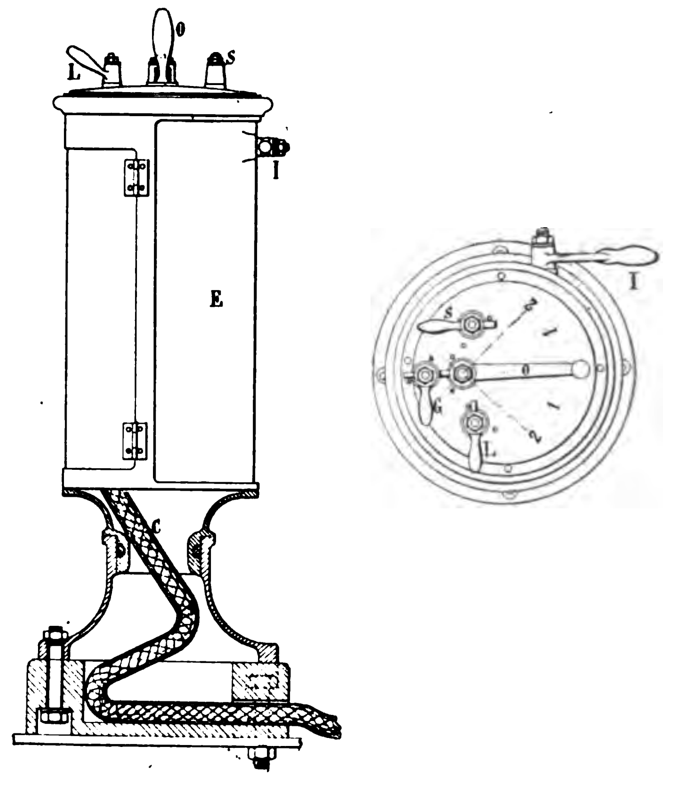


Fig. 118. — Commande électrique des projecteurs, système *Bréguet*; nouveau manipulateur, vue extérieure.

frotteurs non représentés dans la figure. En *p*, on a représenté les plombs fusibles intercalés sur les neuf conducteurs constituant le câble sortant du manipulateur. On voit en R*o* les résistances intercalées sur le circuit du moteur d'orientation et formées de galettes en fil de maillechort ; ces résistances sont divisées en trois parties réglables ; la résis-

tance totale est de 32 ohms pour le régime de 80 volts et de 40 ohms pour le régime de 120 volts, adopté pour les

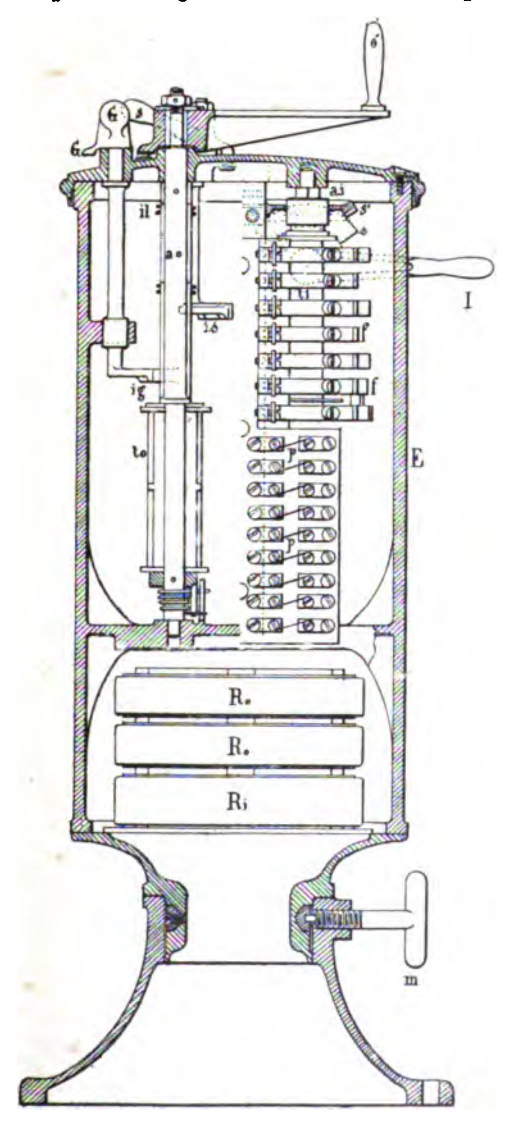


Fig. 119. — Commande électrique des projecteurs, système *Bréguet;* nouveau manipulateur, coupe verticale.

bateaux neufs. En R*i* est la résistance du moteur d'inclinaison, divisée en trois parties; la valeur totale de cette résistance est encore 32 ohms pour 80 volts et 40 ohms pour 120 volts. Enfin on a figuré en *m* une poignée de serrage permettant d'orienter le manipulateur dans une position commode.

Les interrupteurs commandés par les manettes G (source), L (lampe), S (signaux) sont placés à l'intérieur de l'enveloppe E; ils sont indiqués en *ig, il, is*.

Pour certains projecteurs, l'interrupteur *is* et la manette S sont supprimés et remplacés par l'interrupteur *ig* et la manette G; à la place de ces derniers, il n'y a rien autre.

416. — Le schéma des connexions des appareils du poste de commande et de ceux du projecteur est donné dans la figure 120.

Les induits des moteurs d'orientation et d'inclinaison sont figurés en I*o* et I*i*; leurs inducteurs en E*o* et E*i*, ces derniers sont en tension entre eux, et leur ensemble est en dérivation entre les pôles de la génératrice. L'interrupteur à bout de course analogue à celui que nous avons déjà décrit (**407**) est en *ibc*. Les charbons entre lesquels l'arc voltaïque est établi sont représentés en C + et C — et le moteur qui règle la lampe a son induit en I*l* et son inducteur en E*l*, ce dernier en série avec l'induit; le moteur pour les signaux a son induit en I*s* et son inducteur en série en E*s*; les communications des charbons, du moteur de la lampe et du moteur des signaux avec la source sont établies par l'intermédiaire de cercles métalliques faisant partie du socle fixe du projecteur et de contacts à ressort appuyant sur ces cercles et mobiles avec le tambour portant le miroir; c'est ce qui a été représenté ici schématiquement.

En R*a* est la *résistance intercalaire* de l'arc, en I*n* un interrupteur bipolaire pour l'arc.

Un câble à 9 conducteurs relie le projecteur au poste de commande, ces conducteurs numérotés de 1 à 9.

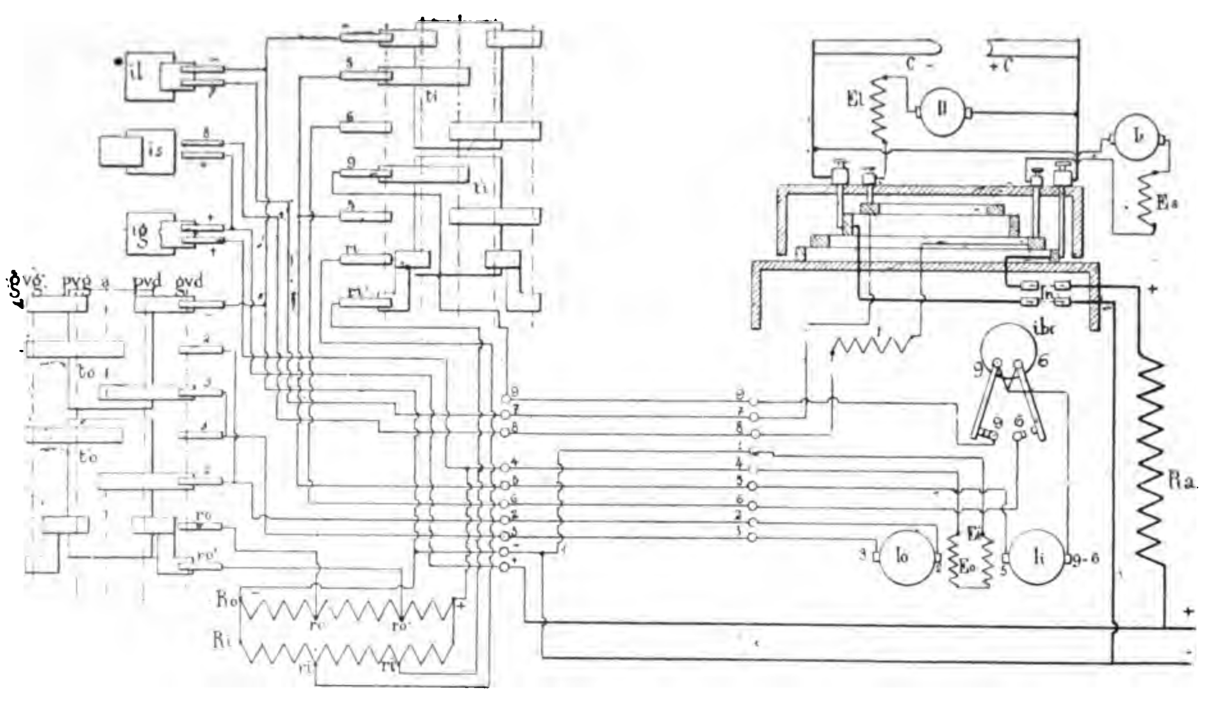


Fig. 120. — Commande électrique des projecteurs, système *Bréguet* ; schéma des connexions avec le nouveau manipulateur.

Dans le poste de commande on a représenté les tambours *to* et *ti* servant de commutateurs pour les mouvements d'orientation et d'inclinaison, les interrupteurs *ig* pour la source, *is* pour les signaux, *il* pour la lampe et les rhéostats R*o* et R*i* dont nous avons déjà parlé. Les commutateurs commandant les mouvements des projecteurs ressemblent à des *contrôleurs de tramways*.

Le tambour *to*, par exemple, est formé de deux parties *to* et *t'o*. La partie supérieure *to* porte des lamelles de contact qu'on a supposées ici développées et sur lesquelles portent des frotteurs communiquant avec les fils : —, 2 et 3 ; suivant la rotation imprimée au tambour, on met ainsi en communication avec le pôle négatif, soit le fil 2, soit le fil 3, c'est-à-dire l'un ou l'autre des balais de l'induit d'orientation I*o*. Sur la partie inférieure *t'o* appuient 4 frotteurs, reliés aux fils 2 et 3 et aux points *ro* et *ro'* du rhéostat R*o* ; comme une extrémité de ce rhéostat est en communication avec le pôle positif de la source, le frotteur *ro'* est en communication avec le positif avec interposition de la dernière section du rhéostat, le frotteur *ro* étant en communication avec ce même positif avec interposition de deux sections du rhéostat ; il en résulte que le déplacement du tambour, dans un sens ou dans l'autre, met en communication avec le pôle positif de la source, soit le balai 2, soit le balai 3 de l'électromoteur commandant l'orientation, avec interposition d'une faible ou d'une grande résistance. Le tambour entier joue donc le rôle d'un inverseur du courant et la partie inférieure agit en même temps sur le rhéostat de réglage de la vitesse.

Au lieu de faire tourner le tambour, on peut supposer que les frotteurs se déplacent sur les lamelles de contact développées ; c'est ce qui a été supposé ici ; on a indiqué les diverses positions par des lignes interrompues respectivement désignées par *a* (arrêt), *pvd* (petite vitesse à droite), *gvd* (grande vitesse à droite), *pvg* (petite vitesse à gauche), *gvg* (grande vitesse à gauche). Dans la figure, la position est celle de grande vitesse à droite, le balai 3 communi-

quant avec le pôle négatif et le balai 2 avec le pôle positif par *ro'*, avec interposition d'une faible résistance.

Le tambour *ti* commande de même les mouvements d'inclinaison ; mais ici, tandis que le fil 5 est toujours employé, soit pour le mouvement vers le haut, soit pour le mouvement vers le bas, en établissant la communication d'un des balais du moteur d'inclinaison avec le pôle négatif pour monter et avec le pôle positif pour descendre, le deuxième balai du moteur I*i* est en communication, par le fil 9, avec le positif pour la montée et, par le fil 6, avec le négatif pour la descente. Nous avons déjà examiné cette disposition, due à l'emploi de l'interrupteur à bout de course *ibc*.

L'interrupteur *ig* est intercalé sur le fil positif; l'interrupteur *il* rompt ou ferme, par le fil 7, le circuit du moteur de la lampe et par conséquent permet d'allumer et d'éteindre *à distance* l'arc voltaïque.

L'interrupteur *is* agit par le fil 8 sur le circuit du moteur des signaux I*s*; ce moteur est employé à ouvrir ou fermer des *volets d'occultation* de l'arc voltaïque de façon à rendre cet arc visible ou invisible.

On a figuré en *r* une résistance insérée dans le circuit du moteur des signaux ; elle n'existe que dans les installations nouvelles à 120 volts.

417. Allumage et extinction de la lampe à distance. — La commande à distance du mouvement des projecteurs entraîne logiquement la possibilité d'allumer ou d'éteindre l'arc voltaïque à distance, du poste de commande lui-même. Plusieurs dispositifs peuvent être employés à cet effet.

418. — D'abord il est évident qu'on peut faire passer par le poste de commande les conducteurs conduisant le courant à l'arc et y ménager un interrupteur qu'on peut ouvrir ou fermer. Bien que l'allongement des conducteurs nécessité par le passage au poste de commande et leur

retour au projecteur soit sans inconvénient au point de vue du fonctionnement, puisque l'augmentation de résistance qui en résulte peut être compensée par une réduction de la résistance intercalaire, cette disposition entraîne une augmentation de dépenses parfois importante et surtout elle expose les conducteurs de la lampe dans leur trajet jusqu'au poste de commande. Aussi a-t-on imaginé plusieurs dispositifs destinés à produire l'allumage et l'extinction de l'arc à distance par des moyens indirects.

419. — C'est ainsi que la maison Bréguet emploie un interrupteur intercalé sur le circuit du moteur électrique servant de régulateur dans la lampe mixte horizontale. Cet interrupteur, placé au poste de commande, permet de fermer le circuit du moteur de la lampe et alors cette dernière fonctionne automatiquement, allumant et réglant l'arc. Si l'interrupteur est ouvert, l'arc allumé s'éteint, puisque le moteur ne pouvant plus rapprocher les charbons, le ressort du barillet les écarte jusqu'à ce que l'arc soit rompu. Dans la figure 120, nous avons donné un exemple de cette disposition.

420. — Les *Forges et Chantiers de la Méditerranée* emploient, sur les nouveaux navires en construction (*Patrie, Justice*), le dispositif suivant. La fermeture ou l'ouverture du circuit de l'arc voltaïque est commandée par un relais placé près du projecteur, ou en un point quelconque du trajet suivi par les conducteurs allant à l'arc, dans une partie protégée du navire, par exemple. Un petit commutateur, faisant partie du poste de commande, permet d'actionner à distance ce relais, à l'aide d'un faible courant.

Dans la figure 121, nous avons schématiquement indiqué cette disposition. Les charbons entre lesquels l'arc jaillit étant en C sont réunis aux pôles positif et négatif de la génératrice G, par l'intermédiaire de la résistance intercalaire divisée en deux parties R_1 et R_2; on a ménagé une interruption I_1 sur le trajet du conducteur positif et cette

interruption est fermée quand on excite l'électro-aimant e_1 d'un relais, qui attire alors l'armature a_1.

Afin de pouvoir faire varier la portion de résistance intercalée dans le circuit de l'arc, on a ménagé une seconde interruption I_2 commandée par un second relais, dont l'élec-

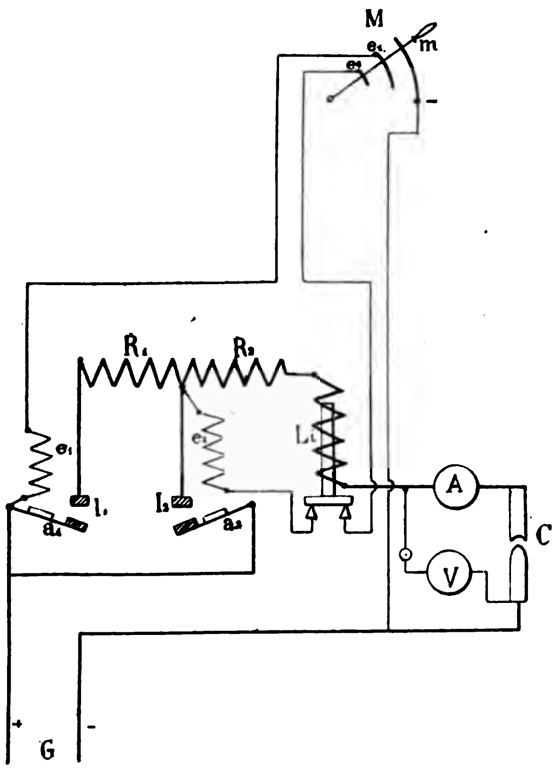


Fig. 121. — Allumage et extinction des projecteurs à distance, système des *Forges et Chantiers de la Méditerranée*.

tro-aimant e_2 excité attire l'armature a_2. Ces deux relais sont commandés par un commutateur M formé de trois secteurs —, e_1, e_2 en communication respective avec le pôle négatif de la source et avec les extrémités des enroulements e_1 et e_2. Une manette m permet de mettre en communication le pôle négatif avec e_1 seulement, ou avec e_1 et e_2,

c'est-à-dire d'exciter le relais e_1 seulement, ou e_1 et e_2; on peut aussi rompre toute communication entre le secteur — et les deux autres secteurs. On a donc la possibilité de fermer à distance le circuit de l'arc, soit avec la résistance $R_1 + R_2$ en circuit, soit avec la résistance R_2 seulement, de manière à obtenir un arc plus puissant, ou bien on peut éteindre l'arc.

On a intercalé dans le circuit un limiteur d'intensité L*i*, dont le noyau commande le circuit du relais e_2; si l'intensité dépasse une certaine valeur limite, le circuit de e_2 est rompu et on ne peut alors supprimer la résistance R_1; remarquons aussi que le relais e_2 n'est pas pris en dérivation entre les deux pôles de la génératrice, mais entre le pôle négatif et la séparation des résistances R_1 et R_2, de sorte que le relais e_2 ne puisse être actionné que seulement après e_1, même si on manœuvre vivement le commutateur M. En A et en V sont un ampèremètre et un voltmètre.

421. Commande asservie des projecteurs. — Ainsi que nous l'avons expliqué plus haut (**387**), le besoin se fait sentir d'une commande des projecteurs asservie. Cette commande doit être très précise et jusqu'à présent aucune solution tout à fait satisfaisante n'a été *réalisée et mise en service*. Nous ne décrirons pas les appareils qui ont été essayés ou qui sont actuellement en essais.

422. — A défaut de commande asservie, il est utile de compléter le poste de commande par un indicateur des angles de pointage du projecteur, comme on complète la commande non asservie du gouvernail par un pareil indicateur. C'est là une solution provisoire, mais qui peut rendre des services pour le pointage d'un projecteur non allumé, en permettant de connaître, au moins approximativement, l'angle de pointage actuel.

CHAPITRE VIII

MANŒUVRE OU COMMANDE ÉLECTRIQUE DU GOUVERNAIL

423. Généralités. — A première vue, la manœuvre électrique du gouvernail ne paraît pas présenter de difficulté particulière ; un moteur électrique actionnant la mèche du gouvernail et manœuvré à l'aide d'un commutateur, doit, semble-t-il, permettre aisément d'obtenir à droite ou à gauche des angles de barre déterminés. Et, en effet, s'il ne s'agissait que de faire mouvoir, dans un sens ou dans l'autre, un mobile d'une masse qui n'a rien d'exagéré, comme celle d'un gouvernail, le problème se présenterait comme devant être résolu le plus simplement du monde. Mais ici, il faut compter avec la résistance considérable que l'eau oppose au mouvement de la large surface qui constitue le gouvernail ; cette résistance augmente rapidement avec la vitesse de déplacement du gouvernail ; elle augmente aussi avec la vitesse propre du navire ; enfin, pour un navire en mouvement, la résistance que l'eau oppose au déplacement du gouvernail est d'autant plus grande que l'angle du plan du gouvernail avec l'axe du navire est lui-même plus grand. Or, c'est précisément quand le navire a sa plus grande vitesse qu'il importe souvent de manœuvrer le gouvernail le plus rapidement, surtout si l'on veut obtenir un grand angle de barre. Autrement dit, c'est précisément lorsque toutes les circonstances sont réunies pour donner au moment résistant s'opposant au mouvement du gouvernail une valeur énorme que la vitesse de manœuvre doit être en même temps la plus grande. Ce sont là des conditions anormales qui compliquent singulièrement le problème. Il est évident qu'avec les efforts résistants énormes, rencontrés dans bien

des cas, l'accélération de la vitesse de manœuvre, souvent indispensable alors, ne devra être obtenue qu'avec bien des précautions, si l'on veut éviter des chocs préjudiciables au matériel; les appareils de manœuvre ont besoin d'être étudiés en conséquence.

424. — D'un autre côté, il ne faut pas oublier que le moteur électrique actionnant le gouvernail se trouve nécessairement dans les fonds du navire, à l'arrière, et que la manœuvre doit être exécutée de la passerelle du navire, en général située vers l'avant, et souvent de plusieurs autres endroits à volonté. De sorte que le problème consiste à manœuvrer le gouvernail d'un poste fort éloigné de lui, sans le voir, à lui donner des inclinaisons déterminées, dans un sens ou dans l'autre, ces inclinaisons du gouvernail étant d'ailleurs contrôlées par un appareil indicateur placé au poste de manœuvre, qui doit toujours faire connaître à l'opérateur la position actuelle du gouvernail.

425. — La manœuvre d'un gouvernail ne ressemble aucunement, au point de vue de la précision, au pointage d'une tourelle, puisque les positions du gouvernail n'ont pas besoin d'être obtenues, ni connues avec une erreur plus faible qu'un demi-degré, pour les petits angles, et plusieurs degrés pour les grands angles. Néanmoins il faut, on le comprend aisément, que cette manœuvre soit absolument sûre, que surtout le sens des déplacements du gouvernail ne puisse jamais prêter à confusion et que la position zéro soit obtenue et connue très exactement. Les appareils employés doivent être indérangeables, d'une robustesse qu'on ne saurait exagérer et, dans tous les cas, doivent d'eux-mêmes signaler leur non-fonctionnement, de manière qu'on puisse sans tarder prendre des mesures pour y suppléer. La manœuvre d'un gouvernail est d'une importance si capitale et tout retard dans son action peut être, dans nombre de cas, si dangereux, qu'on ne saurait trop insister à ce sujet.

Aussi, le plus souvent encore, n'aborde-t-on pas franchement le problème de la manœuvre électrique du gouvernail et se contente-t-on presque toujours de *commander à distance,* du poste de manœuvre, passerelle ou autre, le moteur à vapeur qui, sur presque tous nos navires, actionne le gouvernail. A l'aide d'un commutateur, on gouverne un petit moteur électrique placé près de la barre et ce moteur actionne le tiroir du servo-moteur à vapeur qui en dernier lieu manœuvre le gouvernail.

426. — Une seule installation, dans la marine française, comporte actuellement la suppression du servo-moteur à vapeur actionnant le gouvernail (*Marseillaise*); mais la solution hydro-électrique à laquelle on a demandé la manœuvre du gouvernail ne ressemble en rien à la solution électrique complète qui consisterait à faire mouvoir *directement* le gouvernail à l'aide d'un électromoteur. Une application sera faite de cette manœuvre électrique directe sur le *Victor-Hugo*.

Nous avons discuté, dans un chapitre précédent (**390**), l'emploi d'une *commande non asservie* ou d'une *commande asservie* du gouvernail et nous n'y reviendrons pas.

Nous aurons donc à examiner successivement :

1° Les commandes non asservies ;

2° Les commandes asservies ;

3° La manœuvre hydro-électrique de la *Marseillaise*.

427. Commande électrique du gouvernail, non asservie, système Marit. — Cet appareil, construit par *MM. Sautter et Harlé,* est encore en usage sur un grand nombre de navires. L'ensemble comprend :

1° Un *électromoteur* agissant, par l'intermédiaire d'une transmission mécanique, sur le volant de manœuvre du servo-moteur à vapeur et simultanément sur un *commutateur,* ayant pour but d'indiquer la position du gouvernail, en envoyant le courant à des lampes à incandescence

numérotées d'une façon déterminée et remplissant au poste de manœuvre le rôle d'*indicateur d'angles de barre;*

2° Un ou plusieurs *appareils de manœuvre* permettant la commande à distance de l'électromoteur et contenant d'une façon visible les lampes indicatrices des angles de barre;

3° Un *commutateur asservi* à l'électromoteur et au servo-moteur à vapeur devant produire, à l'aide d'un rhéostat, le ralentissement, et, s'il y a lieu, l'arrêt de l'électromoteur, si celui-ci devance trop le servo-moteur à vapeur;

4° Un *régulateur limiteur de vitesse;*

5° Un *timbre* placé au poste de manœuvre et indiquant le passage de la barre sur chaque degré, par un coup unique;

6° Un *câble* à plusieurs conducteurs reliant l'appareil de manœuvre à l'électromoteur ou au commutateur des lampes.

L'électromoteur, le commutateur des lampes, le commutateur asservi et le rhéostat qu'il commande, le régulateur limiteur de vitesse et son rhéostat forment un ensemble, le *récepteur*.

Le commutateur de manœuvre et son rhéostat, les lampes indicatrices des angles de barre et la sonnerie d'avertissement forment un second ensemble, le *manipulateur*.

428. 1° Manipulateur. — La figure 122 représente la vue extérieure du manipulateur. On y voit au-dessus les couvercles des dix-sept cases renfermant les lampes à incandescence constituant l'indicateur des angles de barre. Ces couvercles en verre dépoli portent des chiffres qui représentent les angles de barre à droite ou à gauche quand les lampes correspondantes sont allumées. Lorsque la lampe marquée 10 à droite est allumée, c'est que le gouvernail est à 10° à droite. Si les lampes 10 et 15 sont allumées en même temps, c'est que le gouvernail est dans une position intermédiaire entre 10° et 15°, soit 12° par exemple.

La figure montre aussi le levier L de manœuvre du commutateur de manœuvre mobile autour de O et permettant

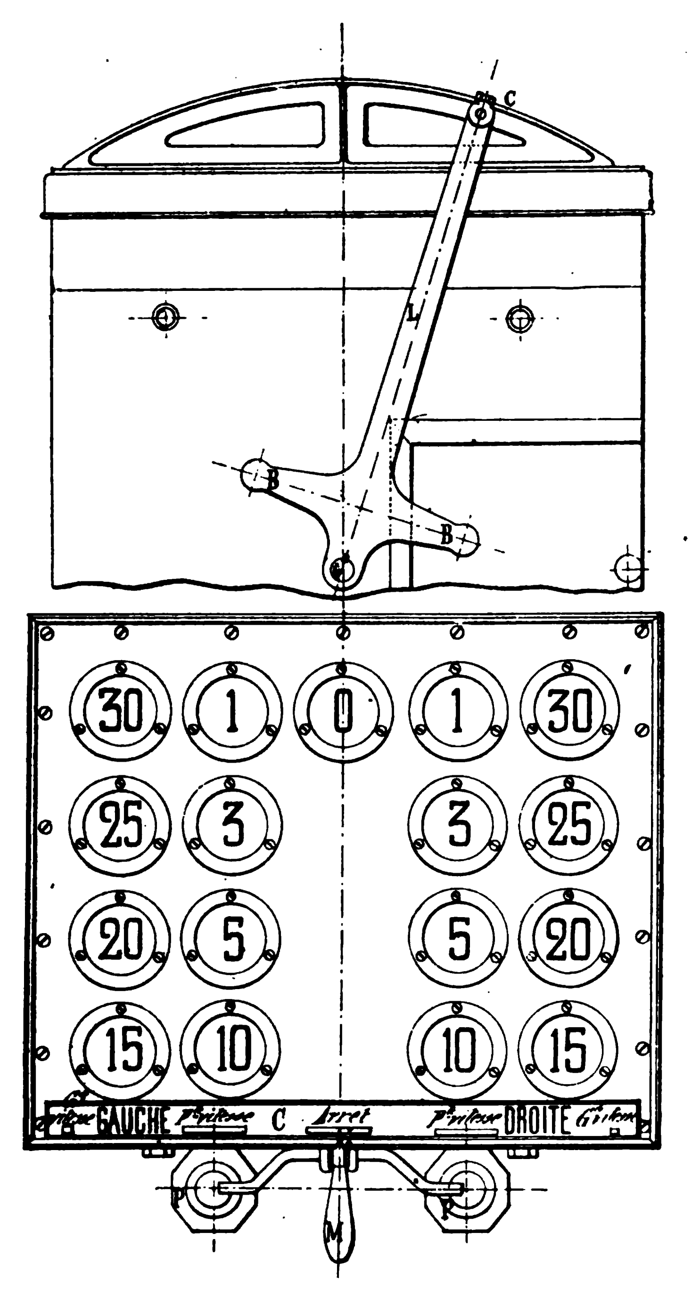


Fig. 122. — Commande électrique de la barre, système *Marit*. Manipulateur.
Vue extérieure en élévation et plan.

de mettre en marche l'électromoteur et de lui donner différentes vitesses, grâce à l'introduction dans le circuit d'une fraction variable d'un rhéostat logé dans la caisse du manipulateur, mais non représenté ici. Le levier L porte un index I qui se meut sur la circulaire C sur laquelle sont inscrites les indications utiles pour la manœuvre. On tient le levier par la poignée M. Des pistons mobiles dans des cylindres à glycérine P sont destinés à empêcher une manœuvre trop brusque. A cet effet, les bras B du levier viennent, après un certain déplacement, appuyer sur les pistons à glycérine. On peut ainsi mettre rapidement le moteur en marche à *petite vitesse;* mais pour aller jusqu'à la *grande vitesse,* on est obligé de développer un effort assez considérable.

Le commutateur de manœuvre a lui-même une forme particulière et que nous étudierons plus loin. Des ressorts intérieurs ramènent automatiquement le levier de manœuvre dans la position zéro, lorsqu'on cesse d'appuyer sur la poignée.

429. 2° Récepteur. — Le récepteur est représenté, dans la figure 123, par une vue en plan et une coupe verticale longitudinale.

On y voit le moteur électrique A, le commutateur asservi composé des pièces Q, P, S et du rhéostat R, le régulateur limiteur de vitesse J et enfin le commutateur des lampes formé d'un grand plateau N vu en coupe dans la figure et sur lequel sont disposés un certain nombre de plots de contact; un bras M, mû par le moteur électrique, par l'intermédiaire du pignon T et de l'arbre L, se promène sur le plateau et, à l'aide des contacts qu'il porte, établit les communications nécessaires à l'allumage des lampes de l'indicateur des angles de barre cité plus haut.

L'arbre de l'électromoteur, mis en action par le commutateur de manœuvre du manipulateur, entraîne, par le pignon B, la roue C clavetée sur l'arbre intermédiaire D.

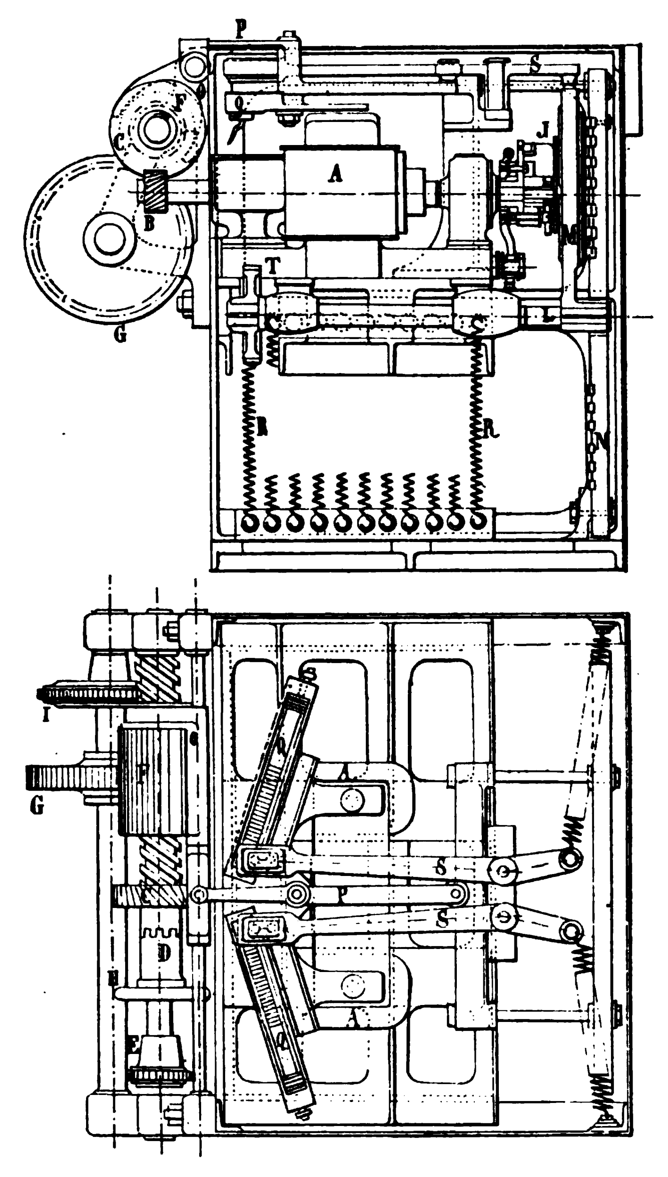


Fig. 123. — Commande électrique de la barre, système *Marit.* Récepteur. Coupe verticale et plan.

La roue dentée E portée par cet arbre intermédiaire conduit, à l'aide d'une chaîne Galle, l'écrou du servo-moteur à vapeur.

D'autre part, une roue dentée I, clavetée sur l'arbre H, est commandée à l'aide d'une seconde chaîne Galle par l'arbre du servo-moteur à vapeur.

Sur l'arbre H est fixée une roue G qui entraîne l'écrou F, monté sur une partie filetée de l'arbre D. Si l'électromoteur prend de l'avance sur le servo-moteur, l'écrou F se déplace et la fourche O vient buter sur le levier P. Celui-ci, suivant le sens du déplacement, agit à son tour sur un des leviers S. Ces derniers portent des frotteurs qui se déplacent sur les touches des commutateurs Q (un pour le mouvement à droite, un pour le mouvement à gauche); à ces touches aboutissent les sections d'un rhéostat R. Le déplacement du frotteur porté par le levier S introduit dans le circuit de l'électromoteur des résistances croissantes, ce qui provoque le ralentissement automatique du moteur et même son arrêt, parce que le mouvement de S, suffisamment prolongé, met l'induit en court-circuit.

De la même manière, le bras M du commutateur des lampes vient, à bout de course, appuyer sur un des leviers S et provoque le ralentissement, puis l'arrêt de l'électromoteur.

Le régulateur limiteur de vitesse J est un régulateur à masses centrifuges, calé sur l'arbre de l'électromoteur; son rôle est d'introduire une résistance dans le circuit lorsque, le démarrage étant produit, la vitesse dépasse une certaine valeur, très faible d'ailleurs, et de supprimer cette résistance lorsque la vitesse est nulle. Cette fonction est réalisée par deux contacts liés aux extrémités de la résistance et qui se touchent lorsque les masses centrifuges sont peu écartées, qui se séparent, au contraire, lorsque les masses centrifuges sont suffisamment écartées sous l'influence d'une grande vitesse. Nous en étudierons plus loin le fonctionnement d'une manière plus détaillée.

430. 3° Fonctionnement des divers organes. — Le schéma de la figure 124 permet de se rendre compte du fonctionnement des appareils. Dans cette figure, les lettres majuscules représentent les mêmes détails que dans les précédentes; les lettres minuscules et les chiffres correspondent à des détails dont il n'a pas encore été question ou qui n'ont pas reçu jusqu'à présent une désignation.

En haut de la figure sont représentés les organes du manipulateur, les lampes indicatrices *l*, la sonnerie d'avertissement *s* et enfin le commutateur de manœuvre formé d'un cercle de contact *m'* divisé en quatre secteurs isolés et de plots de contact *m* en assez grand nombre et séparés les uns des autres par des isolants. Les diverses sections d'un rhéostat r_1 et d'un autre r_2 sont reliées, comme le montre la figure, aux plots de contact. Deux frotteurs *f* et *f'*, isolés l'un de l'autre et commandés en même temps par le levier de manœuvre, peuvent occuper diverses positions en restant toujours diamétralement opposés. Ces frotteurs ont une grande largeur du côté des plots *m*; ils établissent des communications électriques diverses entre les secteurs *m'* et les plots *m*, suivant leur position.

Tout d'abord, on voit que lorsque l'interrupteur *t* intercalé sur le conducteur positif venant de la génératrice *g* est fermé, l'inducteur *i* du moteur A est excité en dérivation, en même temps qu'un électro-aimant d'embrayage *e* permettant de relier mécaniquement le mouvement de l'électromoteur au tiroir du servo-moteur à vapeur.

D'ailleurs, le fonctionnement du commutateur de manœuvre se comprend aisément. On voit que les deux secteurs 1 et 2 extérieurs communiquent avec le balai *b* de l'électromoteur, l'un directement par le fil *b*, l'autre au moyen du fil b_r en passant par le rhéostat R du commutateur asservi Q et que les deux secteurs 1' et 2' communiquent de la même manière avec le second balai *b'*; d'autre part, les plots *m* intérieurs se divisent en deux parties : les uns, 5, 6, 7, 6', 5' et plots intermédiaires communiquent avec le

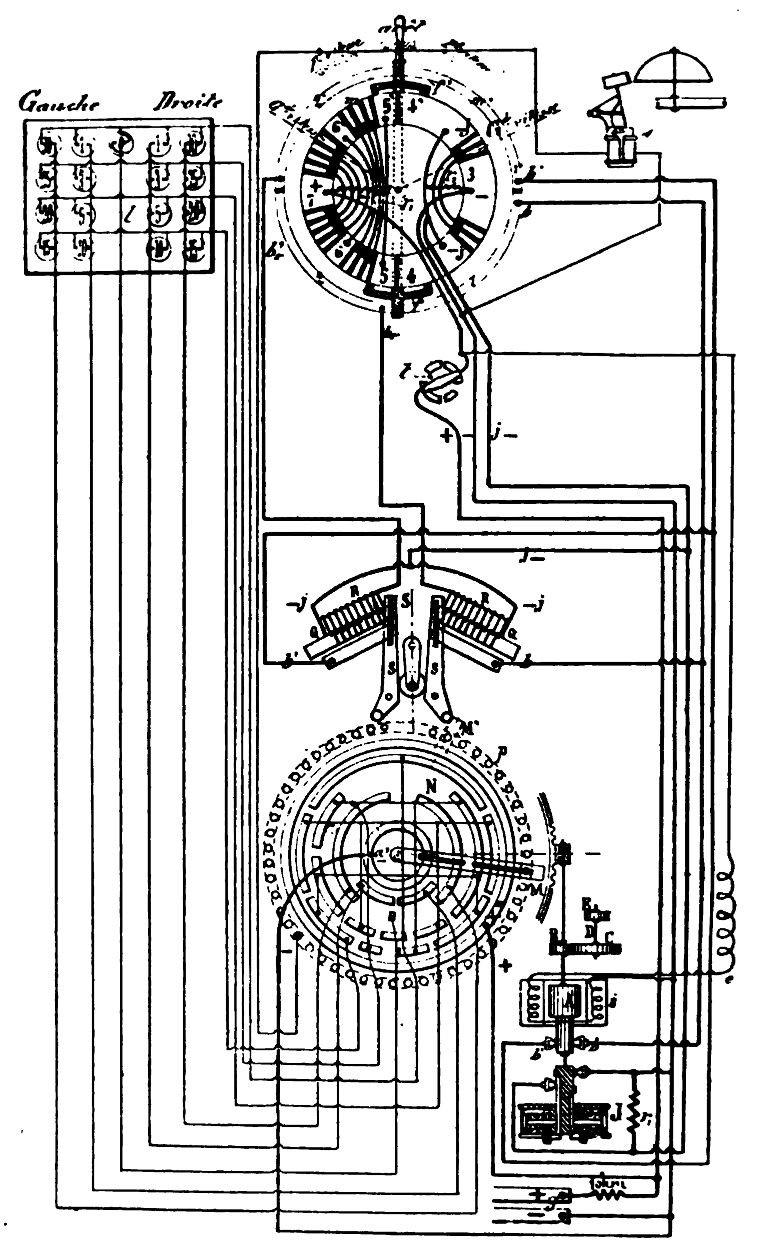


Fig. 124. — Commande électrique de la barre, système *Marit*. Schéma des connexions.

pôle positif de la source, soit directement, soit en passant par le rhéostat r_3, les autres, 3, 4, 4′ communiquent avec le pôle négatif de la source, soit directement, soit par le fil (—j) passant par le régulateur limiteur de vitesse J. On a bien là la disposition générale d'un commutateur-inverseur du courant avec rhéostat, malgré les dispositions particulières des plots.

Lorsque le levier de manœuvre est sur la position d'*arrêt,* comme la figure le représente, on voit que les balais b et b' communiquent directement entre eux, puisque les frotteurs f et f' mettent en relation 1 et 4, 1′ et 4′. Le moteur électrique est donc en court-circuit. D'autre part, le circuit venant de la source est fermé, puisque le pôle (+) est relié au pôle (—) par le rhéostat r_3, les plots 5 et 4 réunis par le frotteur f et le fil (—j), passant par le régulateur de vitesse. Le courant de la source circule donc en permanence aussitôt que l'interrupteur t est fermé.

431. — Si l'on veut faire démarrer l'électromoteur, on portera le levier de manœuvre à droite ou à gauche, ce qui fera passer dans l'induit un courant dans un sens ou dans l'autre. Par exemple, portons le levier à droite : le frotteur f' est venu ainsi à droite, en haut, à peu près vis-à-vis de l'indication *petite vitesse,* et le frotteur f à gauche, en bas.

Le balai b' est ainsi mis en relation par le frotteur f' avec le pôle (—) de la génératrice, avec l'intermédiaire du fil (—j) et du régulateur centrifuge J ; le balai b est, en passant par le commutateur asservi et le frotteur f, mis en relation avec le pôle (+), par l'un des plots entre 5 et 6 et une portion de la résistance r_3.

D'ailleurs, à ce moment, le moteur étant immobile, les contacts portés par les masses centrifuges du régulateur de vitesse J, et reliés aux extrémités de son rhéostat r_1, sont en communication ; cette résistance r_1 est donc mise en court-circuit ; comme, d'autre part, en temps normal, le

rhéostat R du commutateur asservi Q est tout entier retiré du circuit, le démarrage de l'électromoteur s'opère franchement avec la seule fraction du rhéostat r_3. Le sens de la rotation de l'électromoteur est d'ailleurs tel que le gouvernail s'incline vers la droite.

Le démarrage effectué, si le régulateur J fonctionne, la résistance r_1 est automatiquement introduite dans le circuit, de sorte que la vitesse reste faible, sans qu'on soit obligé de ramener en arrière le levier de manœuvre. Nous avons déjà vu, dans beaucoup d'applications précédentes, cette disposition.

Nous devons mentionner en outre qu'une résistance de 1 ohm est en permanence intercalée sur l'un des conducteurs venant de la source.

Si l'on prononce davantage le mouvement du levier de manœuvre vers la droite, le frotteur f supprime du circuit les sections successives du rhéostat r_3; en même temps, le frotteur f' vient toucher les petits plots compris entre 4' et 3 et qui sont reliés aux sections d'un rhéostat r_2 dont la résistance est égale à la résistance r_1 du régulateur de vitesse J. Alors le balai b' du moteur électrique est en communication avec le pôle négatif de la génératrice, non plus seulement par l'intermédiaire du régulateur J et de sa résistance, mais bien plus directement par une fraction plus ou moins grande de la résistance r_2 et le plot 3. La portion de la résistance r_2 introduite dans le circuit est de plus en plus faible à mesure que le levier est poussé vers la droite et enfin toute résistance est supprimée du circuit, sauf la résistance de 1 ohm intercalée à l'origine du circuit, lorsque le frotteur f touche le plot 7 et le frotteur f' le plot 3. La vitesse de rotation est maximum alors.

L'addition du rhéostat r_2, de même valeur que r_1, et l'emploi d'un troisième fil pour relier les balais à la génératrice ont eu pour objet de permettre de retirer peu à peu du circuit la résistance du régulateur de vitesse, afin d'éviter les étincelles. Cette résistance est fort grande relativement;

voici, par exemple, les valeurs relatives des résistances du circuit :

Résistance de l'induit	1,3 ohm
Résistance à l'entrée.	1,0 —
Résistance du rhéostat de manœuvre r_3.	4,3 —
Résistance du régulateur de vitesse r_1 ou r_2.	5,3 —

On voit que la résistance r_1 est plus grande que toutes les autres et doit être retirée par fractions. Cette résistance r_1 du régulateur de vitesse est calculée pour permettre d'obtenir une vitesse égale à $\frac{1}{8}$ de la vitesse maximum, lorsque cette résistance est introduite dans le circuit en même temps que les autres.

Lorsqu'on abandonne le levier de manœuvre, il est ramené par ses ressorts dans la position d'arrêt ; le moteur électrique, après avoir diminué de vitesse, s'arrête en *court-circuit*.

Si on porte le levier vers la gauche, le courant est inversé dans le moteur qui tourne alors de manière à mettre le gouvernail à gauche. On voit en effet que cette fois le balai *b* est en communication avec le pôle (—) de la génératrice, par le frotteur *f* et le plot 4, tandis que le balai *b'* est relié au pôle (+) par l'intermédiaire du commutateur asservi et du rhéostat r_3.

432. — Le fonctionnement du commutateur asservi se comprend aisément. En temps normal, le contact porté par le levier S établit directement la communication entre les fils *b* et *b'* venant des balais et les fils b_r et b'_r allant aux secteurs 2 et 2' du commutateur de manœuvre. Supposons, par exemple, que nous ayons porté le levier de manœuvre à droite, le balai *b* est alors relié au pôle (+) de la génératrice par le fil *b*, le frotteur du levier S, le fil b_r, le secteur 2,

un des plots 5 à 6 et une portion du rhéostat r_3, tandis que le balai b' est relié au pôle (—) par le fil (—j); en même temps, la résistance R tout entière est en dérivation entre le fil b allant au balai de même nom et le fil (—j) relié au balai b'. Mais si le servomoteur à vapeur ne suit pas le mouvement de l'électromoteur, le levier P déplace le frotteur S sur la droite et en même temps qu'une fraction du rhéostat R est intercalée entre b et b_p, les fils b et (—j), c'est-à-dire les deux balais, sont reliés par la fraction restante de R. Le mouvement de S prolongé intercale toute la résistance R dans le circuit de la source, en même temps que les balais sont directement reliés, en *court-circuit*.

433. — Il nous reste à étudier le fonctionnement de l'indicateur des angles de barre.

Le commutateur des lampes N comprend deux cercles a et a' reliés aux pôles (+) et (—) de la génératrice g et des plots divers qui peuvent être mis en communication, par les frotteurs du bras M, soit avec le cercle a, soit avec le cercle a'. Comme nous l'avons dit, ce bras M est mis en mouvement par l'électromoteur et sa position sur le plateau N, à droite ou à gauche de la position verticale (en bas), correspond aux angles donnés au gouvernail. La position limite à droite est représentée en M'.

Tout d'abord, remarquons que le bras M met successivement en communication avec le cercle positif a les contacts p d'un cercle métallique relié à l'une des extrémités de la sonnerie d'avertissement s. Comme cette sonnerie est reliée, par son autre extrémité, au pôle négatif de la génératrice, elle fonctionne à chaque passage de M sur un contact p. L'intervalle entre deux de ces contacts p correspond à un déplacement de 1° du gouvernail.

Cette sonnerie électrique est d'ailleurs un *timbre* donnant un seul coup à chaque contact ; il n'y a pas d'interrupteur provoquant le mouvement oscillatoire ordinaire.

Les dix-sept lampes sont reliées par neuf fils aux plots

du commutateur; cinq fils peuvent être mis en communication par M avec le cercle négatif *a'* et quatre fils avec le cercle positif *a*. Ce nombre restreint de fils est un avantage assurément, mais il résulte de cette disposition que, en outre des lampes régulièrement allumées pour indiquer la position du gouvernail, d'autres lampes peuvent encore se trouver allumées, en veilleuses, il est vrai; il peut en résulter des erreurs, ou tout au moins une gêne pour la manœuvre.

Il faut en tout dix-huit conducteurs pour relier le manipulateur au récepteur.

Les dix-sept lampes indiquent, outre la position de repos *zéro*, huit angles de barre à droite et à gauche.

En outre, lorsque deux lampes de numéros voisins sont allumées simultanément, elles indiquent une position du gouvernail intermédiaire. Ainsi les lampes 10 et 15 allumées ensemble indiquent que le gouvernail est à 12° environ.

434. 4° Manière de manœuvrer. — Par exemple, la barre étant à zéro, l'officier de quart commande : *20° à gauche, en douceur*. L'homme de barre portera le levier de manœuvre du manipulateur vers la gauche, à la position marquée : *petite vitesse* et l'y maintiendra. Il entendra la sonnerie indiquant que la barre se déplace et verra successivement s'éclairer les numéros 1, puis 1 et 3 simultanément, puis 3 seul, 3 et 5, 5 seul, 5 et 10, 10, 10 et 15, 15, 15 et 20, enfin 20 seul. A ce moment, il devra lâcher le levier de manœuvre qui reviendra automatiquement à la position d'arrêt, tandis que le gouvernail restera à 20° à gauche. Il y a là une différence essentielle entre l'emploi de la commande électrique et celui de la barre à main ou à vapeur, puisque, avec ces dernières, l'homme de barre, après avoir manœuvré la roue pour exécuter l'ordre donné, conserve la main sur cette roue qui reste dans la position où il l'a amenée, comme le gouvernail lui-même. La position de la roue de

manœuvre représente toujours la position du gouvernail, tandis qu'avec la commande électrique Marit, le gouvernail étant à 20° à gauche, le levier de manœuvre abandonné par l'homme de barre se trouve sur la position d'*arrêt* initiale.

Si l'ordre est donné de mettre le gouvernail à 25° à gauche, l'homme de barre devra pousser le levier de manœuvre de nouveau sur la gauche jusqu'à la position de *petite vitesse* ou de *grande vitesse,* suivant que la manœuvre devra être exécutée *en douceur* ou rapidement. L'homme de barre devra encore abandonner le levier de manœuvre lorsque le numéro 25 apparaîtra seul éclairé vivement.

Le gouvernail étant maintenant à 25° *à gauche,* si l'ordre est donné de mettre la barre au zéro, il faudra porter le levier de manœuvre *à droite,* jusqu'à ce que la lampe o soit éclairée seule. On voit, par ce dernier exemple, combien la manœuvre par la commande électrique diffère de la manœuvre habituelle. Les hommes de barre doivent être exercés quelque temps avant d'arriver à ne pas commettre d'erreur.

Nous devons ajouter que l'indicateur par lampes nécessite une certaine attention, l'œil étant souvent troublé par l'allumage normal, tantôt d'une lampe et tantôt de deux simultanément, comme aussi par l'allumage anormal d'autres lampes, bien qu'elles restent en veilleuses.

Malgré cela, la manœuvre, telle que nous venons de l'indiquer et qui correspond au premier cas de l'étude générale des conditions à remplir par la barre, est satisfaisante, quand l'homme de barre est dressé. Il est bien plus difficile d'arriver à gouverner pour maintenir le navire sur une route déterminée. L'homme de barre, ayant sans cesse, dans ce second cas, à modifier la position du gouvernail, doit presque incessamment porter le levier de manœuvre, tantôt à droite, tantôt à gauche, sans oublier, à chaque fois, de lâcher ce levier pour qu'il puisse revenir à la position d'*arrêt,* lorsqu'il croit que le gouvernail a été amené dans la posi-

tion convenable. Comme la position du levier n'est aucunement liée à celle du gouvernail, il faut bien qu'il ait recours, pour connaître celle-ci, à l'indicateur d'angles de barre, d'où l'obligation d'observer à la fois la route du navire et l'indicateur.

435. Commande électrique non asservie du gouvernail, système des relais. — Ce système de commande électrique, dû à MM. Savatier et de La Gabbe, ingénieurs des Forges et Chantiers de la Méditerranée, et adopté par la maison *Sautter et Harlé,* dans ses installations de navires, procède des mêmes principes que la commande des treuils à munitions et du pointage latéral des tourelles, des mêmes ingénieurs.

Comme le système précédent, ce n'est encore qu'une commande du servomoteur à vapeur ordinaire ; mais l'électromoteur actionnant le tiroir du servomoteur est manœuvré du poste de commande par des *relais,* relais pour la mise en marche à droite ou à gauche, relais pour les changements de vitesse.

Un *commutateur,* manœuvré par la barre, allume encore des lampes convenablement numérotées et placées au poste de commande ; ces lampes servent ainsi, comme dans le système Marit, d'*indicateur des angles de barre.*

Un *régulateur centrifuge* est encore installé sur le moteur électrique ; il est destiné à produire automatiquement la suppression d'une partie de la résistance du rhéostat de manœuvre, lorsque l'électromoteur est au repos, à permettre par suite le démarrage facile ; la résistance supprimée se rétablit automatiquement dans le circuit lorsque, le démarrage étant effectué, la vitesse a pris une certaine valeur ; on peut ainsi obtenir une très petite vitesse (**295**).

Enfin le moteur s'arrête automatiquement lorsque la barre arrive à bout de course, à droite ou à gauche ; le stoppage se produit encore, si l'électromoteur prend une trop grande avance sur le servomoteur à vapeur.

436. — Ces divers organes sont groupés en trois postes différents :

1° *Postes de manœuvre,* comprenant chacun un *manipulateur,* ou petit commutateur de commande des relais et un *récepteur,* ou réunion des lampes indicatrices des angles de barre ;

2° *Poste de l'électromoteur,* comprenant l'électromoteur, avec son *régulateur centrifuge* et, au voisinage, le *tableau des relais* et le *rhéostat.*

C'est là aussi, naturellement, que se trouvent les sécurités diverses : arrêts à bout de course, ralentissement ou arrêts déterminés par l'avance trop grande de l'électromoteur par rapport au servo-moteur à vapeur ;

3° *Poste du transmetteur d'angles de barre,* comprenant le commutateur des lampes actionné par la barre.

La figure schématique 125 permet de se rendre compte de la disposition des divers organes et de leur fonctionnement.

On voit en C*m* le manipulateur, en L l'indicateur des angles de barre, composé des lampes numérotées *l,* au nombre de onze, dans le modèle que nous examinons. Les lampes sont d'ailleurs groupées dans l'indicateur d'après divers modes, en ligne droite, en ligne circulaire, en ligne sinueuse, suivant la commodité qu'on croit y trouver, ou l'espace dont on dispose.

437. — Le commutateur allumeur des lampes est constitué par une circulaire C sur laquelle se promène un frotteur F mis en mouvement, soit par la mèche du gouvernail directement, soit par un levier actionné plus ou moins directement par la mèche du gouvernail. A ce sujet, il n'est pas inutile de dire que le choix du dispositif n'est pas indifférent. Si l'on veut transmettre réellement les angles du gouvernail, avec le minimum d'erreur, c'est directement que la mèche du gouvernail doit entraîner le frotteur F. Souvent, afin de diminuer la grandeur du commutateur et de pou-

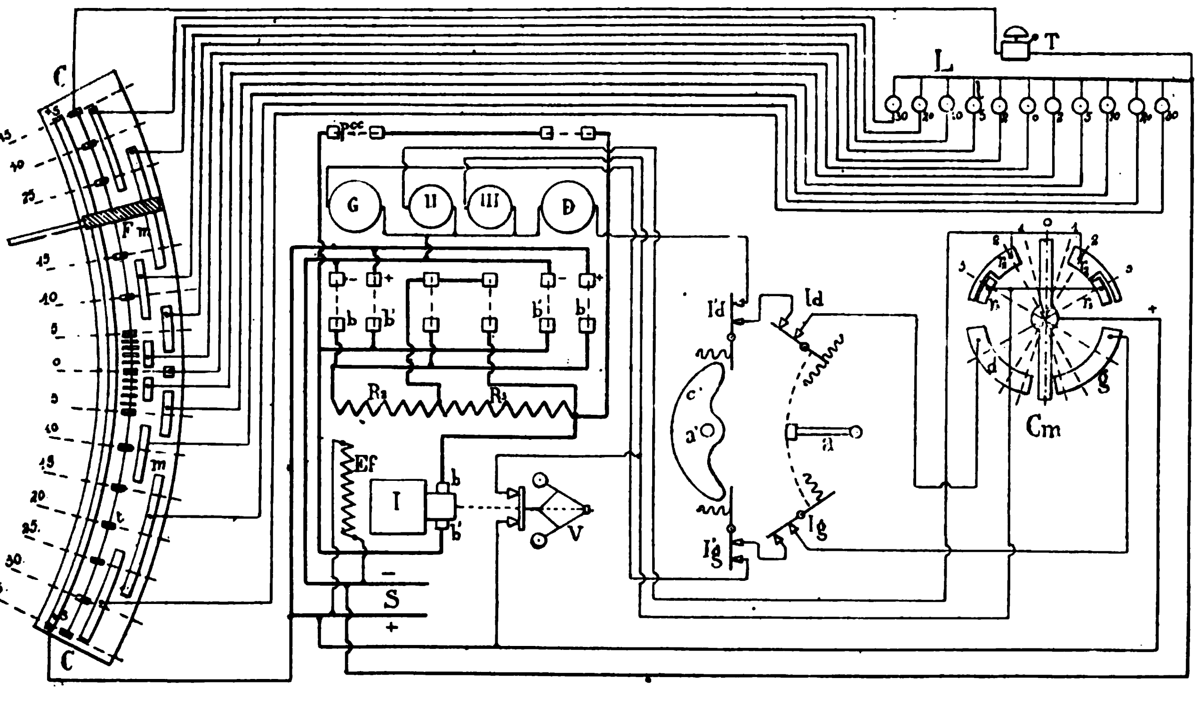


Fig. 125. — Commande électrique du gouvernail, système des relais ; schéma des connexions.

voir aussi choisir quelque peu son emplacement, on emploie comme intermédiaires des leviers multiples, généralement multiplicateurs des angles. On gagne certainement ainsi en commodité, mais le *jeu* des divers leviers diminue considérablement l'exactitude des angles transmis et cette disposition, moins grossière peut-être en apparence, mais moins sûre, peut entraîner des erreurs de fonctionnement qu'il importe d'éviter à tout prix quand il s'agit du gouvernail. On revient d'ailleurs actuellement aux grands commutateurs manœuvrés directement par le gouvernail.

Le frotteur F porte sur des plots circulaires *m* distribués convenablement et reliés aux lampes *l* de l'indicateur. Dans le commutateur de la figure, ces plots sont sur deux rangées et chacun d'eux est placé symétriquement par rapport au rayon faisant l'angle correspondant; les plots des deux rangées empiètent les uns sur les autres de manière à permettre l'allumage simultané de deux lampes consécutives.

Une rangée de contacts *t* reliés entre eux communiquent par un fil avec une des extrémités d'un timbre électrique à un coup T placé au poste de manœuvre. Les contacts *t* existent parfois pour chaque degré; d'autres fois, comme dans la figure 125, ils sont espacés de 1°, jusqu'à 5°, et de 5° pour les angles plus grands. Enfin, un grand secteur continu $+ s$ communique avec le pôle positif de la source et le frotteur F a pour effet de mettre en relation ce secteur $+ s$, c'est-à-dire le pôle positif, avec une des extrémités des lampes ou de la sonnerie, l'autre extrémité étant reliée en permanence au pôle négatif.

438. — L'induit de l'électromoteur est en I et son inducteur en dérivation est en E*f*. Le tableau des relais comprend un relais pour la marche à droite D, un relais pour la marche à gauche G et deux relais d'accélération de la vitesse, II et III, commandant les sections R_2 et R_3 d'un rhéostat de démarrage et de réglage.

L'induit est mis en court-circuit, pour l'arrêt instantané, lorsqu'aucun des relais D ou G n'est actionné.

439. — Le commutateur de manœuvre C*m* comprend un levier relié au pôle positif de la source et des plots circulaires sur lesquels vient porter ce levier. Les plots *d* et *g* sont reliés aux relais de marche à droite et à gauche D et G; les plots r_2 et r_3 sont reliés aux relais II et III commandant les sections du rhéostat. Lorsqu'on déplace le levier de manœuvre de la position de repos zéro vers les positions 1, 2 ou 3, à droite ou à gauche, on actionne d'abord l'un des relais D ou G (position 1); lorsqu'on marche ainsi avec toute la résistance $R_2 + R_3$ en circuit, on a une très petite vitesse, environ $\frac{1}{8}$ de la vitesse maximum obtenue après démarrage sans résistance en circuit; puis le relais II est actionné (position 2) et enfin le relais III (position 3); on met ainsi en court-circuit les secteurs R_2, puis R_3 du rhéostat, en même temps que l'un des relais D ou G continue à être actionné. Bien entendu, le levier du manipulateur doit revenir au zéro de lui-même, sous l'action d'un ressort, lorsqu'on l'abandonne.

Au démarrage, le circuit du relais III est fermé par le régulateur centrifuge V dont les masses sont rapprochées; quand, le démarrage effectué, la vitesse atteint une certaine valeur, les masses, en s'écartant, rompent le circuit de III qui ne peut plus être actionné que par la manœuvre du manipulateur.

440. — A bout de course, le bras *a* d'un axiomètre agit sur les interrupteurs I*d* ou I*g*, intercalés sur le circuit des relais D et G.

Si l'on désire que les arrêts à bout de course se produisent avec sûreté et précision, il faut qu'ils soient commandés par la barre elle-même, le plus directement possible; souvent, c'est un *axiomètre* auxiliaire qui commande les interrupteurs I*d* et I*g*.

D'autre part, d'autres interrupteurs Id' et I'g sont également intercalés, en série avec les premiers, sur les circuits des relais D et G ; ils sont actionnés par une came c' montée sur l'axe a' dont le mouvement est commandé par le tiroir du servomoteur à vapeur. Si ce tiroir est entraîné par l'électromoteur et n'est pas ramené en arrière par le moteur à vapeur, c'est-à-dire si ce dernier ne suit pas de près l'électromoteur, la came c' ouvre l'interrupteur I'd ou I'g, arrêtant ainsi le moteur électrique.

Le système de commande de la barre par relais est plus simple, au point de vue mécanique et surtout au point de vue des connexions électriques, que le système Marit.

Mais, somme toute, la manœuvre de la barre se fait en opérant de la même manière, avec l'un ou l'autre système ; nous ne reproduirons donc pas les réserves que nous avons faites pour le premier système, à propos de la manœuvre du gouvernail en suivant un alignement, ou en gouvernant au compas (**434**).

441. Dispositions prises pour assurer le fonctionnement en cas d'avaries dans les canalisations. — La manœuvre du gouvernail ayant à bord d'un navire une importance capitale, on a dû prendre des précautions particulières pour permettre la commande électrique, même dans le cas de certaines avaries, par exemple dans les canalisations.

Nous allons indiquer brièvement les principales dispositions successivement appliquées.

442. — 1° Dans les premières installations on employait un seul électromoteur et un seul tableau de relais pour commander cet électromoteur ; un seul commutateur pour les lampes de l'indicateur était actionné par la barre directement ou indirectement. Mais on prévoyait deux postes de manœuvre possédant chacun un manipulateur pour la commande des relais et un récepteur des angles de barre. Ces

postes étaient le *blockhaus* et le *poste de navigation*. Un commutateur multiple à deux directions, appelé souvent *permutateur*, où aboutissaient les conducteurs venant du commutateur des lampes et ceux venant du tableau de relais, permettait de relier ces conducteurs au manipulateur et au récepteur des angles de barre du blockhaus ou à ceux de l'autre poste.

Sauf la possibilité de commander la manœuvre de l'un des deux postes à volonté, on voit qu'aucune garantie de fonctionnement n'était conférée par cette disposition simple.

443. — 2° Plus tard, avec un seul électromoteur et un seul tableau de relais, on fit usage de deux commutateurs des lampes actionnés par la barre. Deux postes de manœuvre étaient encore utilisés : le *blockhaus* et le *poste de navigation*. Mais pour accroître la sécurité de fonctionnement, au lieu de disposer de cinq conducteurs pour commander avec un manipulateur le tableau des relais (*fig. 125*), on avait prévu deux câbles à cinq conducteurs distincts. A l'un des bouts, ces deux câbles pouvaient être *simultanément*, grâce à un conjoncteur double, reliés aux cinq conducteurs sortant du tableau des relais. A l'autre bout, on pouvait relier, à l'un ou l'autre des câbles à volonté, les cinq conducteurs sortant du manipulateur de l'un ou l'autre des postes de manœuvre. On pouvait donc ainsi utiliser un quelconque des deux postes avec l'un quelconque des câbles à cinq conducteurs allant au tableau des relais.

Pour l'indicateur des angles de barre, de chaque commutateur des lampes partait un câble à treize conducteurs : onze pour les lampes, un pour la sonnerie et un venant du pôle négatif de la génératrice (*fig. 125*). Les récepteurs des angles de barre de chacun des postes de manœuvre pouvaient être reliés, grâce à un conjoncteur, soit à l'un de ces câbles, soit à l'autre ; on pouvait même simultanément laisser les deux récepteurs reliés chacun à un transmetteur par l'intermédiaire d'un câble multiple. Plus encore que

pour la manœuvre proprement dite, la sécurité de fonctionnement était assurée par ce dédoublement général des appareils. Ajoutons que le courant était emprunté pour l'un des indicateurs d'angles à la canalisation générale desservant le navire par tribord et pour l'autre à la canalisation de bâbord, ce qui assurait encore contre une avarie de l'une ou l'autre de ces canalisations.

444. — 3° Dans les installations plus récentes (*Montcalm*, *Sully*), deux électromoteurs existent ; chaque induit entraîne, par une vis globique, une roue striée montée sur l'axe d'un pignon denté. Les pignons dentés correspondant à chaque moteur sont placés parallèlement et on peut embrayer avec l'un ou l'autre de ces pignons une roue dentée, origine de la transmission du mouvement au tiroir du servo-moteur à vapeur.

Un tableau de relais dessert chacun des électromoteurs.

Un seul commutateur des lampes est actionné par la barre.

Trois postes de manœuvre sont prévus : *poste central*, *blockhaus*, *passerelle*, chacun d'eux ayant son manipulateur et son récepteur d'angles de barre.

A tribord passe un câble multiple comprenant les conducteurs pour les lampes, la sonnerie et le manipulateur ; à bâbord passe un câble identique.

Au *poste central* se trouve un *permutateur* (commutateur multiple) *à quatre directions* permettant de relier soit le câble tribord, soit le câble bâbord, au manipulateur et au récepteur du poste central ou de diriger le courant sur l'ensemble des postes blockhaus-passerelle. Un deuxième permutateur à deux directions permet d'utiliser soit l'un soit l'autre de ces deux derniers postes.

Un permutateur à deux directions placé à l'autre bout des câbles de transmission, dans le compartiment du servo-moteur, permet de relier soit le câble tribord, soit le câble bâbord au commutateur des lampes et aux tableaux des relais.

Enfin un commutateur, placé près des tableaux des relais, permet d'employer soit l'un, soit l'autre des deux tableaux et l'électromoteur correspondant.

Par la manœuvre des divers permutateurs et du commutateur du tableau des relais, on peut donc assurer la commande du servo-moteur à vapeur et recevoir les indications relatives aux angles de barre en se plaçant à l'un quelconque des trois postes de manœuvre, en utilisant le câble de tribord ou celui de bâbord, en employant l'un ou l'autre des deux électromoteurs avec le tableau de relais correspondant. Il est évident que des dispositifs de contrôle permettent de s'assurer de la concordance de manœuvre des divers permutateurs, et d'empêcher, par exemple, que le câble de *tribord* soit mis en relation avec les postes de manœuvre par le permutateur à quatre directions du *poste central,* tandis que dans le compartiment du servo-moteur le câble de *bâbord* soit relié, par le permutateur à deux directions qui s'y trouve, au commutateur des lampes et aux tableaux des relais. Le système de contrôle est établi par des lampes de couleur et par des sonneries électriques.

445. — 4° Le système précédent confère une sécurité de fonctionnement considérable, puisqu'il permet le remplacement d'une ou de plusieurs parties des appareils de commande supposés avariés par d'autres identiques. Mais pour substituer le câble de bâbord à celui de tribord, ou l'électromoteur n° 2 à l'électromoteur n° 1, il faut manœuvrer des commutateurs ou permutateurs et le faire d'une certaine manière. On comprend que, dans le cas d'avarie en cours de manœuvre, le temps perdu pour opérer la substitution et s'assurer qu'elle est effectuée de façon correcte puisse être une cause de danger. Aussi, sur les navires les plus récents (*Patrie, Justice*), a-t-on eu recours à une installation permettant d'utiliser, sans aucune manœuvre préalable, soit un ensemble d'appareils de commande, soit un autre identique.

Voici comment est disposée cette installation :

Deux électromoteurs n° 1 et n° 2 peuvent être employés pour actionner le tiroir du servo-moteur. Chacun de ceux-ci commande, par vis tangente et roue hélicoïdale, un des éléments d'un *train différentiel* qui transmet le mouvement au tiroir. Grâce à ce dispositif l'électromoteur en action prend appui sur l'électromoteur au repos et il est ainsi possible d'utiliser l'un ou l'autre de ces électromoteurs sans avoir à faire aucune manœuvre d'embrayage ; on peut même, sans inconvénient, mettre en action *simultanément* les deux électromoteurs.

Chacun des deux électromoteurs a un tableau de relais spécial ; de plus l'un des tableaux de relais reçoit son courant de la canalisation générale du navire passant à tribord et l'autre de la canalisation bâbord.

Deux transmetteurs des angles de barre sont employés ; l'un reçoit du courant du positif de la canalisation générale tribord du navire, l'autre du positif de la canalisation générale bâbord.

Trois postes de manœuvre existent encore : *poste central, blockhaus, passerelle*. Chacun d'eux renferme deux manipulateurs placés côte à côte ; un de ces manipulateurs est destiné à la manœuvre de l'électromoteur n° 1, l'autre de l'électromoteur n° 2 exclusivement, le premier par trois fils passant à tribord et le second par trois fils passant à bâbord ; on dispose ainsi à chaque poste de deux ensembles pour la manœuvre composés d'un manipulateur, des trois fils, du tableau de relais et de l'électromoteur correspondants.

D'autre part, à chaque poste sont disposés deux récepteurs des angles de barre ; l'un d'eux peut être relié au transmetteur de tribord, au moyen d'un câble multiple passant à tribord, et l'autre au transmetteur de bâbord au moyen d'un câble multiple passant à bâbord.

Signalons deux sonneries, à chaque poste ; ces sonneries, de sons différents, signalent l'une le mouvement du gouvernail vers la droite et l'autre le mouvement vers la gauche ;

ces sonneries, ou plutôt ces timbres, donnent un seul son pour chaque degré parcouru. Les sonneries portent deux enroulements, alimentés respectivement par des fils passant à tribord et à bâbord.

Un commutateur multiple à trois directions permet de relier le câble multiple de tribord et les fils du tableau des relais et des sonneries au manipulateur et au récepteur des angles de barre de chacun des trois postes; un second commutateur à trois directions joue le même rôle pour les conducteurs de bâbord. Parfois on utilise un commutateur à trois directions séparé pour les fils du manipulateur et un autre pour les fils des lampes.

Lorsqu'on veut manœuvrer de l'un des postes, de la *passerelle* par exemple, les commutateurs à trois directions ayant tous deux été actionnés de manière à établir la communication par tribord et par bâbord des appareils de la passerelle avec les deux électromoteurs et les deux transmetteurs, on agit *indifféremment* sur l'un ou l'autre des manipulateurs et on reçoit *simultanément* les indications des angles sur les deux récepteurs.

Une telle installation, établie sur le principe de l'indépendance absolue des divers organes constituant l'ensemble d'une commande, donne une grande sécurité de fonctionnement.

446. Principales modifications apportées aux organes de la commande du gouvernail, dans les installations récentes. — Dans l'étude générale que nous avons faite d'abord de la commande par relais, nous n'avons pas indiqué les formes diverses qu'on a données successivement aux divers organes. Nous allons en examiner quelques-uns à ce point de vue.

447. — Les électromoteurs les plus employés actuellement sont du type blindé à une seule bobine inductrice en dérivation; l'induit est un anneau Gramme. Ils prennent habituellement environ 10 ampères sous 80 volts; la résistance

d'induit pour l'un d'eux a été trouvée égale à 0,385 ohm, la bobine inductrice ayant une résistance de 165 ohms.

448. — Les relais sont le plus souvent actuellement du petit modèle de 0 à 50 ampères que nous avons décrit (**109**) et, sur les navires les plus récents, avec les modifications que nous avons indiquées (**114**).

Toutefois, nous devons signaler que dans quelques installations (*Dupetit-Thouars*) les relais de marche à droite et à gauche sont disposés de manière que lorsque les deux relais sont au repos les deux balais de l'électromoteur sont reliés à un même pôle de la source (le positif par exemple), et qu'ils soient encore reliés tous deux à l'autre pôle de la source (le négatif) lorsque les deux relais sont actionnés simultanément; c'est lorsqu'on actionne *l'un ou l'autre des deux relais seulement* que la mise en marche s'effectue; sinon l'électromoteur est en court-circuit, que les deux relais soient au repos ou tous deux actionnés. Cette disposition, que nous avons indiquée déjà pour les relais *Bréguet,* est bonne et empêche la mise en court-circuit de la génératrice.

Habituellement, en outre du relais à double marche à droite et à gauche, un seul relais existe permettant de mettre en court-circuit le rhéostat de démarrage. Ce relais n'est plus maintenant commandé, comme les deux relais II et III de la figure 125, par le manipulateur du poste de commande. Ce relais unique, appelé *relais de grande vitesse,* est pris en dérivation entre les balais du moteur électrique, ou tout au moins une de ses extrémités est séparée du pôle positif de la source par une portion de la résistance du rhéostat de démarrage qu'il est chargé de supprimer; cette disposition, que nous avons rencontrée déjà plusieurs fois, permet d'abandonner le fonctionnement du relais à lui-même; grâce à un réglage convenable du ressort de rappel de son armature, le relais n'est pas actionné lorsque le moteur est au repos et ne peut l'être que lorsque, le démarrage étant effectué, la vitesse a pris déjà une certaine valeur.

Si le mouvement du moteur se prolonge, le relais de grande vitesse sera toujours actionné et le gouvernail se déplacera vite. Or, c'est justement quand on veut donner de grands angles au gouvernail qu'il est utile de le faire à grande vitesse ; l'accélération se produit ainsi automatiquement, sans qu'on ait besoin d'y songer, lorsque cela est nécessaire. Quand on n'a à décrire que de petits angles il vaut mieux le faire à petite vitesse ; or, dans ce cas, le relais de grande vitesse *n'a pas le temps* d'être actionné, puisqu'on rompt le circuit peu de temps après la mise en marche. Ajoutons que par précaution on ménage, dans le circuit du relais de grande vitesse, une interruption commandée par les relais de marche à droite et à gauche. Ce n'est que lorsque l'un de ces derniers a été tout d'abord actionné que le relais de grande vitesse a son circuit fermé et peut être actionné à son tour.

Le manipulateur est alors un simple petit commutateur à deux directions permettant de mettre en communication avec le pôle positif de la source soit le plot de *droite*, soit le plot de *gauche*.

449. — Les interrupteurs de fin de course de la barre sont le plus souvent maintenant commandés directement par la barre elle-même (par la tamisaille par exemple) et non plus par un axiomètre auxiliaire. Bien que la précision ne soit pas ici recherchée, il importe cependant qu'une avarie dans l'axiomètre ou dans la transmission du mouvement du gouvernail à cet axiomètre ne puisse pas empêcher l'arrêt à fin de course, faute duquel la barre pourrait venir se coincer à bout de course et rester dans cette position quelque temps avant qu'on ait pu la ramener en sens contraire.

450. — De plus, dans plusieurs cas, on avait observé que l'arrêt à fin de course étant provoqué par une interruption pratiquée sur l'un des fils seulement (le positif dans la figure 125) des relais *droite* et *gauche*, pouvait manquer, si

les extrémités positives de ces relais étaient directement reliées en permanence, *par un défaut d'isolement,* au pôle de la source. Aussi, dans plusieurs installations récentes (*Patrie, Justice*, etc.), a-t-on établi les arrêts à fin de course de la barre, comme aussi les arrêts à fin de course du tiroir du servo-moteur, par une double rupture, sur le fil positif et sur le fil négatif à la fois.

451. — Dans quelques installations (*Dupetit-Thouars*) on a cherché d'une autre manière à empêcher le coincement de la barre à bout de course dans le cas où l'arrêt ne se produirait pas normalement par l'interruption du circuit du relais de marche correspondant. L'interruption est produite ici sur un seul pôle ; mais supposons que l'on marche à droite et que la barre étant *presque à bout de course* agisse pour rompre le circuit du relais de marche à droite. Si l'arrêt ne se produit pas, soit que la rupture du circuit n'ait pas lieu, soit par suite d'un défaut d'isolement, soit encore parce que le relais de droite a effectivement son circuit ouvert mais ne se relève pas en raison d'une avarie mécanique, la barre continue son mouvement et alors *ferme* directement le circuit du relais de gauche qui s'abaisse et, les deux relais étant simultanément abaissés, l'électromoteur est mis en court-circuit aussi bien que si les deux relais étaient relevés (**448**). La rupture et la fermeture successives des deux circuits des relais s'opèrent au moyen de contacts élastiques actionnés par des cames.

Supposons de plus que les deux électromoteurs sont prêts à fonctionner ; comme dans l'installation que nous examinons il n'existe qu'un seul commutateur pour les lampes actionné directement par la barre, les arrêts à fin de course, pour les *deux électromoteurs,* sont placés aux extrémités de ce commutateur unique ; supposons donc qu'on fonctionne avec le moteur n° 1 et que la barre à bout de course ne se soit arrêtée qu'après la rupture du circuit du relais *droite* et la fermeture du circuit du relais *gauche ;* en même

temps la barre a fait fonctionner les arrêts à bout de course correspondant au moteur n° 2 et aux relais correspondants; elle a ouvert d'abord le circuit du relais *droite,* ce qui n'a rien produit, puisque ce relais *droite* est supposé au repos; puis la barre a fermé directement sur le pôle positif de la génératrice le circuit du relais *gauche* du moteur n° 2, provoquant alors un mouvement *vers la gauche* de la barre qui est ainsi *décollée* et ne peut même plus se coincer. Ce mouvement en sens inverse ne peut d'ailleurs se prolonger parce que le léger mouvement obtenu dégage les interrupteurs qui viennent d'être actionnés.

Cette disposition, peut-être un peu complexe, semble conférer le maximum de sécurité, si elle est établie avec solidité.

452. — Nous terminerons en indiquant que la même installation du *Dupetit-Thouars* comporte un transmetteur des angles de barre entièrement différent de ceux jusqu'alors utilisés. Dans ces derniers, des plots ou secteurs reliés aux lampes indicatrices par des fils sont mis en communication, par un *frotteur muni de contacts élastiques,* avec un des pôles de la génératrice.

Ici, les contacts nécessaires à l'allumage des lampes indicatrices, au fonctionnement de la sonnerie et aussi aux limiteurs de la course sont produits par le mouvement de tiges à ressort. Les contacts proprement dits sont enfermés dans une boîte étanche qui ne laisse dépasser que la tête des tiges dont il vient d'être question. D'autre part, une série de cames, entraînées par la barre elle-même, viennent appuyer au moment opportun sur l'extrémité des tiges et provoquer les contacts utiles; les cames portent à cet effet des ondulations dont l'amplitude a été convenablement établie. Six cames sont employées, une pour la lampe zéro, une pour les lampes 2, 6 et 10, à droite et à gauche; une pour les lampes 4 et 8, à droite et à gauche; une pour les lampes 15, 20, 25 et 30, à droite; une pour les lampes 15, 20, 25 et 30, à gauche; une pour les arrêts à fin de course des deux électromoteurs.

La sonnerie est actionnée de degré en degré, successivement par chacune des cames d'allumage des lampes, dans l'intervalle angulaire correspondant, grâce à des ondulations convenables de chaque came.

453. Commandes électriques asservies du gouvernail. — Plusieurs commandes électriques asservies du gouvernail ont été successivement mises en essai à bord des navires de guerre, entre autres une commande de la maison Bréguet, une commande de M. Cloarec et enfin une commande asservie, système des relais, des *Forges et Chantiers de la Méditerranée*.

Cette dernière n'est autre chose que la commande non asservie que nous avons décrite plus haut (**436**) complétée, au poste de manœuvre, par un commutateur additionnel permettant l'asservissement, par l'intermédiaire des fils des lampes indicatrices. On peut utiliser cet appareil comme commande non asservie, aussi bien qu'auparavant, en employant le manipulateur ordinaire; on peut aussi s'en servir comme d'une commande asservie en employant le commutateur additionnel. Un déplacement de 180° du levier du manipulateur de la commande asservie suffit pour qu'on puisse passer de la commande asservie à la commande non asservie.

Cette commande asservie a été installée et est encore en service sur un certain nombre de bâtiments (*Châteaurenault, Montcalm*). Bien que le principe en soit fort simple, puisque, ainsi que nous venons de le dire, rien n'a été ajouté aux organes de transmission de la commande non asservie, dans quelques occasions son fonctionnement a manqué, par suite de défauts d'isolement dans les fils de transmission, et l'emploi de cette commande ne s'est pas généralisé. Sur les navires les plus récents construits par les *Forges et Chantiers de la Méditerranée* (*Patrie, Justice*) on a mis une commande non asservie du type perfectionné que nous avons indiqué (**446**).

Aussi, malgré la simplicité du système, nous ne le décrirons pas plus que les autres commandes asservies dont l'emploi n'a jamais été régularisé.

454. Manœuvre hydro-électrique du gouvernail. — Nous avons déjà dit qu'en France aucun navire de guerre n'avait été pourvu d'une manœuvre directe du gouvernail à l'aide d'un moteur électrique; des projets ont été cependant conçus, en particulier pour le *Lahire,* mais ou bien ces projets n'ont pas été exécutés, ou bien l'installation essayée n'a pas été conservée. Nous avons indiqué combien le problème de la manœuvre directe présentait de difficultés (**423**). Bien qu'une solution fort réussie ait été donnée par les *Forges et Chantiers de la Méditerranée* et mise en application sur le *Bayan,* aucun navire de guerre français n'en a été doté. La manœuvre électrique directe du gouvernail est cependant *prévue* pour le *Victor-Hugo*.

Nous n'étudierons pas ces projets ou ces essais, ni l'installation faite à bord du navire russe. Nous signalerons seulement une combinaison originale utilisée à bord de la *Marseillaise* et comprenant une manœuvre hydraulique de la barre *commandée à distance* par une commande non asservie analogue à celles que nous avons décrites. Ce qu'il y a ici de tout particulier c'est que la pompe desservant les appareils hydrauliques est mue par un électromoteur important, de sorte que l'on peut dire que le gouvernail est manœuvré *indirectement* par le courant électrique.

On a pu ainsi débarrasser le compartiment de la barre et tout l'arrière du navire du tuyautage de vapeur et du servomoteur à vapeur ordinairement en usage, et éviter ainsi l'élévation de température qu'ils entraînent, sans aborder de front le difficile problème de la manœuvre électrique directe du gouvernail.

CHAPITRE IX

NAVIGATION ÉLECTRIQUE

455. Conditions générales de la navigation électrique. — Tout d'abord, il est bien évident qu'on ne peut un instant songer à créer mécaniquement, au moyen de dynamos génératrices, le courant électrique qui doit actionner les électromoteurs servant à la propulsion électrique d'un navire. Si l'on dispose d'un réservoir d'énergie mécanique, charbon ou autre, il est clair que l'énergie mécanique développée par les machines à vapeur, par exemple, doit être directement appliquée à l'arbre de l'hélice de propulsion et non pas indirectement par l'intermédiaire de dynamos génératrices et réceptrices.

456. — Cela semble une vérité si évidente que nous ne l'aurions même pas énoncée, si des assertions dans un ordre d'idées analogue ne paraissaient être en contradiction avec elle. Il a été affirmé à diverses reprises que les chemins de fer électriques étaient susceptibles d'une plus grande vitesse que les chemins de fer à vapeur. Et l'on n'entendait pas seulement par là les locomotives électriques actionnées par un courant produit dans une *station génératrice extérieure*, et amené par des conducteurs à la réceptrice mobile ; il est évident, en effet, que dans ces conditions on débarrasse la locomotive de tout le poids correspondant à la *source d'énergie*, qui reste immobile en dehors, que la puissance exigée par la traction en est diminuée et que, d'autre part, les conducteurs peuvent amener aux électromoteurs de la locomotive une puissance pour ainsi dire illimitée. Personne n'a jamais douté de la possibilité d'obtenir des vitesses con-

sidérables au moyen de locomotives soutirant ainsi l'énergie dont elles ont besoin à des conducteurs élongés le long des rails et de nombreux essais ont vérifié expérimentalement cette possibilité évidente *a priori*.

Mais on a pu encore, sans apparence de paradoxe, dire que des locomotives électriques se montreraient supérieures aux locomotives à vapeur, en produisant elles-mêmes le courant qui doit les actionner et cela au moyen de machines à vapeur emportées avec elles comme d'ordinaire et commandant des dynamos génératrices.

Il est facile de comprendre qu'il n'y a rien de paradoxal à affirmer que l'on peut réaliser électriquement, dans les conditions que nous venons d'indiquer, une plus grande vitesse que si l'arbre des roues motrices est commandé directement par une machine à vapeur.

Ce qui limite, en effet, la vitesse des locomotives à vapeur, ce n'est pas l'impossibilité de leur donner des machines plus puissantes de manière à les rendre capables de produire des vitesses plus grandes, c'est l'impossibilité où l'on est de laisser ces plus grandes vitesses se réaliser sans danger imminent de déraillement; cela tient à ce que le mouvement alternatif des pistons de la machine à vapeur provoque des mouvements de lacet qui compromettent l'assiette de la locomotive sur les rails. On pourrait appliquer à l'arbre des roues motrices une puissance plus grande et, par suite, réaliser une plus grande vitesse, si la machine motrice agissait sur l'arbre d'une manière continue en développant un couple parfait. Or, c'est le cas pour des électromoteurs dont l'induit serait monté sur cet arbre. Il va sans dire qu'alors la puissance que devra développer la machine à vapeur actionnant les génératrices sera au moins de 20 °/o plus grande que si on avait pu directement l'atteler sur l'arbre moteur.

De sorte que le raisonnement qui précède peut se résumer ainsi :

Admettons que pour donner une vitesse de 90 kilomètres

à l'heure au train remorqué par une locomotive, il faille développer sur l'arbre des roues motrices une puissance P. Pour porter la vitesse à 150 kilomètres, il faudra une puissance P' supérieure à P. Cette puissance P' ne peut être fournie directement par des machines à vapeur, parce que la vitesse obtenue ferait alors dérailler le train, en raison de la discontinuité de l'action des machines à vapeur. Si l'on se sert d'électromoteurs, ils devront développer une puissance mécanique P″ encore supérieure à P', car l'augmentation de poids qui résultera de leur adjonction à la locomotive à vapeur exigera un supplément de force motrice pour la même vitesse; les génératrices qui actionnent les électromoteurs devront leur fournir une puissance électrique au moins égale à $\frac{P''}{0,9}$ et la puissance mécanique fournie par les machines à vapeur qui feront tourner les génératrices sera au moins $\frac{P''}{0,9 \times 0,9}$ ou $\frac{P''}{0,8}$.

Il est bien clair que si on pouvait directement faire travailler la machine à vapeur à ces grandes vitesses, cette puissance $\frac{P''}{0,8}$ produirait une vitesse plus grande que 150 kilomètres.

Il est vrai que l'application d'un couple de rotation régulier aux axes des roues motrices, grâce aux électromoteurs, permet de réduire les pertes et d'atténuer ainsi l'accroissement de puissance nécessaire. Mais il n'en reste pas moins certain que l'emploi des électromoteurs comme intermédiaires ne *donne* pas une vitesse plus grande, mais permet seulement de réaliser les grandes vitesses, avec une moins bonne utilisation de la puissance disponible.

Les essais pratiques effectués depuis la publication de la première édition de ce livre ont montré d'ailleurs l'infériorité des locomotives électriques *autonomes* et ces tentatives n'ont eu comme résultat heureux qu'une impulsion nouvelle donnée à la création de locomotives à vapeur très puissantes

et à la réalisation avec elles de très grandes vitesses, grâce à une disposition plus heureuse des cylindres atténuant les mouvements de lacet et augmentant la stabilité.

457. — Aucune difficulté du genre de celle que nous venons de signaler pour les locomotives ne se présente pour les navires et la seule condition qu'il faille remplir pour obtenir une plus grande vitesse, c'est d'augmenter la puissance appliquée à l'arbre de l'hélice ou du propulseur, quel qu'il soit. L'intermédiaire des génératrices et des réceptrices, en réduisant la puissance disponible, ne pourrait que réduire la vitesse du navire, toutes choses égales d'ailleurs.

458. — Ceci étant posé, les navires à propulsion électrique devront produire le courant électrique nécessaire aux électromoteurs non pas mécaniquement, mais au moyen de piles chimiques. Nous ne faisons qu'indiquer comme possible dans l'avenir la production directe des courants par les combustions, par exemple, ou tout autre procédé dans lequel la chaleur jouerait le rôle principal, parce que, dans l'état actuel de la science, rien d'industriellement pratique n'a été trouvé dans cette voie.

459. — Nous distinguerons deux cas. En premier lieu, on peut supposer que le navire emporte une provision des matières chimiques consommées par les piles, ce qui lui permet de les recharger et par conséquent de naviguer avec une indépendance comparable à celle d'un navire à vapeur, n'ayant besoin comme ce dernier que de renouveler sa provision à des intervalles de temps plus ou moins éloignés, suivant l'importance de cette provision et la consommation journalière. On peut, en second lieu, admettre que le navire parte avec ses piles chargées sans emporter de quoi renouveler leur charge. Son parcours est alors limité par l'importance de la quantité de matières actives contenue dans les piles.

460. — Un mot suffit pour prouver que la grande navigation, qui correspondrait au premier cas que nous avons considéré, est inadmissible électriquement. Sauf les piles à acide chlorochromique de M. le colonel Renard, qui ne sont pas des piles industrielles, toutes les piles connues pèsent plus de 150 kilogr. par cheval utile, et nous avons vu que la consommation horaire du zinc seul peut être considérable (3). Il suffit de comparer ces chiffres à ceux correspondant aux chaudières à vapeur et au charbon brûlé pour comprendre que la grande navigation électrique est actuellement une illusion.

461. — Tenons-nous-en donc à la navigation électrique limitée qui correspond au second cas, où les piles embarquées ne sont pas rechargées à bord. Dès lors, les accumulateurs se recommandent comme piles, en raison de leur légèreté spécifique et surtout à cause de la facilité de leur rechargement. Les accumulateurs étant déchargés, au lieu d'y renouveler, comme dans une pile ordinaire, la provision d'acide et d'autres matières chimiques, par des manipulations incommodes, on refait dans la pile même, au moyen d'un courant électrique emprunté à une dynamo, les produits chimiques consommés, sans manipulation d'aucune sorte. Nous ne nous occuperons donc, en dernier ressort, que de la navigation électrique avec des accumulateurs comme source. Nous allons successivement étudier les conditions de fonctionnement des petites embarcations électriques, des bateaux de tonnage plus grand et enfin des bateaux électriques sous-marins.

Canotage électrique.

462. Canots de plaisance. — Lorsqu'il s'agit de canots de plaisance, on comprend aisément la grande supériorité de la propulsion électrique d'abord sur l'emploi des rames qui exige un personnel nombreux, occupant la ma-

jeure partie de la place disponible et qui ne fournit jamais qu'une vitesse modérée, sauf dans le cas où ce personnel, relativement très nombreux, est en même temps très exercé.

La propulsion à vapeur ne peut davantage soutenir la concurrence avec la propulsion électrique, au point de vue de la commodité, et c'est ici la chose capitale. L'emploi de la vapeur exige une chaudière, une machine à vapeur et, par suite, en général, un chauffeur et un mécanicien connaissant leur métier. Avec la propulsion électrique, un amateur peut lui-même, sans aide, commander l'organe de propulsion, par la simple manœuvre de commutateurs convenablement disposés : un très court apprentissage l'en rend capable, si l'installation est bien comprise et, puisqu'il s'agit ici de canotage de plaisance, nous admettons que rien n'a été négligé pour cela. Sur le canot électrique, plus de ces odeurs, cette fumée, ce bruit inséparables des meilleures machines à vapeur ; les trépidations dues au mouvement de l'arbre propulseur s'adoucissent, le moteur électrique donnant une impulsion continue au lieu de la série de secousses du piston du cylindre à vapeur ; il n'y a plus à craindre les dangers qui peuvent toujours résulter avec la vapeur de la négligence du chauffeur, ou du mauvais état des appareils. En cas d'avarie ou de fausse manœuvre, le pis qui puisse résulter pour le canot électrique, c'est d'être mis pendant un temps plus ou moins long hors d'état de manœuvrer, avec le désagrément pour le promeneur de voir son excursion interrompue.

Sur le canot électrique pas de chaudière à assurer, ni à faire inspecter périodiquement ; le bateau renferme l'énergie qui lui est nécessaire toute prête pour l'usage dans ses accumulateurs, au lieu d'avoir à la produire en brûlant du charbon, et cette énergie il peut en être disposé à volonté et dans telle mesure que l'on désire, instantanément, en tournant simplement un commutateur. On n'a plus à attendre l'allumage des feux, ni à entretenir ceux-ci, en pure perte, dans les moments de repos.

Mais (ici nous retournons la médaille) la chaudière à

vapeur éloignée du bateau doit se retrouver à terre, avec sa machine à vapeur actionnant la dynamo génératrice nécessaire pour la charge des accumulateurs ; le personnel doit se retrouver au complet, avec une construction supplémentaire abritant le tout. Il est inutile, avons-nous dit, de prévoir, même une demi-heure à l'avance, l'excursion en bateau projetée, mais à la condition expresse que les accumulateurs soient maintenus toujours chargés, ce qui entraîne des pertes d'énergie bien autrement considérables que celle de l'entretien des feux pendant les périodes de repos du canot à vapeur en excursion. Sinon, il faudra prévoir l'excursion non plus une demi-heure ou une heure à l'avance, comme pour un canot à vapeur, mais bien un nombre d'heures souvent considérable pour permettre la charge des accumulateurs.

Il ressort de ce qui précède que le canotage de plaisance électrique, s'il est commode pour ceux qui en usent, l'est beaucoup moins pour le propriétaire du canot, et qu'il est en tous cas très onéreux, puisque, en outre des chaudières et machines à vapeur qui eussent été nécessaires dans un canot à vapeur, il faut posséder nécessairement une dynamo génératrice à terre, une batterie d'accumulateurs et une dynamo réceptrice dans l'embarcation, toutes choses dont l'amortissement doit être compté très largement ; ajoutons que la machine à vapeur servant à charger les accumulateurs consomme au moins deux fois plus de charbon que ne l'eût fait la machine d'un canot à vapeur pour une excursion de même durée dans les deux cas.

463. — Ainsi envisagé, le canotage électrique est un luxe très coûteux. La question s'améliore, au point de vue économique, si le propriétaire du canot électrique est en même temps un industriel possédant une usine éclairée électriquement. On comprend alors que le chargement des accumulateurs ne fait qu'utiliser le jour les dynamos génératrices installées pour l'éclairage la nuit.

464. — On peut encore envisager l'hypothèse d'un propriétaire de canot électrique achetant à une compagnie d'électricité l'énergie électrique nécessaire pour la charge des accumulateurs de son embarcation ; c'est certainement pour lui la solution la plus simple, sinon la plus économique ; mais encore faut-il que la compagnie distribuant l'énergie électrique existe et que le centre de distribution ne soit pas trop éloigné des endroits où peut atterrir l'embarcation.

465. — Enfin, on peut supposer qu'il ne s'agisse plus d'un propriétaire de canot électrique l'utilisant pour lui-même ou ses invités, mais d'une exploitation industrielle d'embarcations électriques de plaisance, fonctionnant régulièrement et comprenant une usine électrique avec chaudières, machines à vapeur et dynamos génératrices pour la charge alternative ou simultanée des accumulateurs de canots électriques plus ou moins nombreux loués aux amateurs. Cette exploitation peut être rémunératrice, si ces derniers payent suffisamment le plaisir de naviguer avec toutes les commodités que nous avons signalées, et si surtout l'usine électrique a d'autres débouchés, tels que l'éclairage électrique par exemple.

466. — Nous n'avons comparé le canot électrique qu'au canot à vapeur ; cette comparaison laisse, dans certaines conditions, quelque supériorité au canot électrique.

Si nous comparions le canot électrique à un canot avec *moteur à pétrole ou à essence,* nous verrions que ce dernier possède les mêmes qualités de commodité que le premier et qu'il n'est pas, comme le canot électrique, dépendant d'installations à terre pour le renouvellement de la provision d'énergie ; nous serions sans doute amenés à conclure que les moteurs à pétrole ou à essence donnent, mieux que les moteurs électriques, la solution du canotage de luxe.

467. Embarcations des ports. — Nous envisagerons maintenant une autre espèce de canotage très importante : le service des embarcations dans les ports en général et dans les ports militaires en particulier. A tout moment de la journée un grand nombre d'embarcations sillonnent ceux-ci : baleinières et canots à rames, canots à vapeur, conduisant le personnel à bord des navires et dans les ateliers où il a affaire, ou faisant un service de batelage régulier. La question de commodité a bien aussi ici son importance ; il est souvent utile et même nécessaire qu'on puisse se transporter rapidement et à un moment quelconque d'un point à un autre et, toutes choses égales d'ailleurs, mieux vaut le faire commodément. Mais le point de vue économique doit, avant tout, être pris en considération.

Les embarcations à rames exigent en permanence un personnel nombreux, employé très irrégulièrement, travaillant quelquefois beaucoup en quelques heures, mais aussi restant inutilisé souvent pendant longtemps. Les canotiers peinent en travaillant, mais, somme toute, ne fournissent pas une grande somme de travail journalier, ces à-coups ne convenant pas à l'organisation humaine. Le canotage à rames est donc dispendieux.

468. — Le canotage à vapeur est beaucoup plus rapide, il exige un personnel plus restreint, mais les embarcations à vapeur sont d'un prix beaucoup plus élevé que les embarcations à rames ; on ne pourrait donc les multiplier autant que ces dernières. De plus, elles exigent un personnel mécanicien plus difficile à recruter que des rameurs et par suite mieux rémunéré ; elles consomment du charbon quand elles marchent et même au repos, si l'on veut qu'elles soient toujours prêtes à partir.

469. — Les embarcations électriques exigent un personnel encore plus réduit que les canots à vapeur, puisqu'un seul homme peut manœuvrer la machinerie électri-

que. En poussant les choses jusqu'aux limites du possible, on peut concevoir une embarcation électrique légère, ne nécessitant qu'un seul homme pour tout armement, la barre et la machine électrique étant manœuvrées par la personne ou une des personnes ayant pris passage. De telles embarcations, de dimensions réduites, pourraient peut-être alors remplacer les embarcations à rames, l'économie considérable sur le personnel compensant l'augmentation du prix d'achat dû à la machinerie électrique et aux accumulateurs et les dépenses pour la charge des accumulateurs ou le graissage du moteur électrique. Il n'est pas impossible même qu'un canot électrique de plus grandes dimensions puisse économiquement soutenir la concurrence avec les canots à vapeur, toujours à cause de l'économie sur le personnel; car par ailleurs la machinerie électrique et les accumulateurs doivent coûter plus cher que la machinerie à vapeur avec la chaudière, et la consommation de charbon nécessaire pour la charge des accumulateurs ne doit pas être inférieure à celle du canot à vapeur, malgré l'emploi, pour la charge, de machines à vapeur plus économiques que celle du canot, si l'on tient compte de la quadruple transformation que l'énergie mécanique subit, depuis la machine à vapeur actionnant la dynamo de charge des accumulateurs jusqu'à l'arbre de l'hélice du canot électrique, en passant par les accumulateurs et l'électromoteur.

470. — Par ce qui précède, nous n'exprimons pas une opinion, nous voulons seulement indiquer que la question d'économie peut être posée ici et qu'il est possible qu'elle soit résolue dans un sens favorable aux embarcations électriques, alors que, dans le cas général des embarcations de plaisance, nous avons indiqué comme onéreux l'emploi de l'électricité. Cela tient à ce que les conditions sont ici des plus favorables. Tout grand port militaire possède ou va posséder une usine électrique pour l'éclairage des ateliers la nuit. Dans le jour, les dynamos puissantes qui la consti-

tuent sont employées, pour une fraction de leur puissance, à actionner, par le courant qu'elles produisent, des perceuses ou autres machines-outils à bord des navires en construction, ou en réparation. On peut donc, pendant la journée, utiliser tout ou partie de l'excédent de la puissance de l'usine électrique installée pour l'éclairage à charger les accumulateurs d'embarcations électriques. Comme dépenses dues à l'emploi de ces dernières, il n'y a donc plus à compter l'amortissement du capital engagé dans l'installation de l'usine génératrice, puisqu'elle existe déjà pour un autre usage, mais seulement la consommation supplémentaire de charbon et de matières grasses, et peut-être aussi une partie de la rémunération du personnel de l'usine électrique, puisqu'il travaille alors le jour comme la nuit. Il faut toutefois songer qu'une partie de ce personnel au moins travaille déjà pendant le jour pour fournir aux machines-outils électriques le courant qui leur est nécessaire, que le nombre des chauffeurs ne sera probablement pas augmenté, s'il faut pour la charge des accumulateurs une dynamo supplémentaire, et qu'il suffira d'adjoindre le mécanicien surveillant cette dynamo.

En tout état de choses, il est clair, d'autre part, que plusieurs batteries d'accumulateurs seront rechargées simultanément, les dynamos étant généralement assez puissantes, et que la consommation de charbon sera dès lors réduite, puisque les machines à vapeur perfectionnées de l'usine électrique fonctionneront au voisinage de leur puissance normale.

471. — Il est très difficile de comparer exactement ce que coûte une embarcation électrique avec ce que coûte une embarcation à rames ou à vapeur pouvant faire le même service dans le port et pour le même laps de temps. Il est une chose, en tout cas, qu'il ne faut pas oublier, lorsqu'on fait cette comparaison, c'est l'amortissement du capital engagé.

Cet amortissement doit être, en effet, très rapide lors-

qu'il s'agit de machinerie électrique et surtout d'accumulateurs ; on ne peut guère compter actuellement qu'une batterie d'accumulateurs puisse durer plus de deux ans, sans qu'on soit au moins obligé de renouveler toutes les plaques positives, sans préjudice des autres réparations aux vases et aux plaques négatives.

Il est, de plus, souvent malaisé de déterminer avec quelque certitude l'économie qu'on peut réaliser sur le personnel en employant des embarcations électriques ; car il n'y a véritable économie que si l'homme ou les hommes supprimés dans l'embarcation sont ou congédiés, ou occupés ailleurs à un travail productif. Chacun peut donc sans peine, suivant ses tendances, prouver que les embarcations électriques sont plus économiques que les autres, ou le contraire ; les deux démonstrations contradictoires pourront d'ailleurs paraître exactes, si on les examine séparément ; cela tient, comme nous l'avons dit, à la difficulté de certaines évaluations et partant à la possibilité de les diminuer ou augmenter suivant la démonstration en vue. En réalité, l'expérience, faite consciencieusement, apprendra, bien mieux que les raisonnements écrits, de quel côté est l'économie.

En cas d'égalité approximative de dépenses, il ne faudrait pas hésiter à donner la préférence à l'électricité, en raison des commodités si grandes qu'elle procure et que nous avons énumérées à propos des canots de plaisance (**462**).

Il ne faudrait pas oublier, toutefois, avant de conclure définitivement à la supériorité des embarcations électriques, que les embarcations avec moteur au pétrole peuvent concurrencer les embarcations électriques au double point de vue de l'économie réalisée sur le personnel et de la commodité d'emploi, et qu'elles possèdent une indépendance plus grande.

472. Canots des navires. — Nous devons enfin examiner quels pourraient être les avantages ou les inconvé-

nients de la substitution de la propulsion électrique à la propulsion par les rames ou la vapeur dans les embarcations des navires.

Tout d'abord, il est certain qu'il est bien utile et commode pour un navire d'avoir constamment à sa disposition, sur les portemanteaux ou amenées, des embarcations rapides, toujours prêtes à partir, comme le seraient des embarcations électriques, dont les accumulateurs seraient maintenus constamment chargés, et que pourrait manœuvrer à peu près tout le monde. Mais ici, un élément intervient que nous avons constamment laissé de côté : le mauvais temps. Nous avons jusqu'à présent supposé que les embarcations électriques ne naviguaient que par beau temps, pour les promenades, ou à l'abri dans un port. Bien différentes seraient les conditions de fonctionnement en mer ou en rade, par n'importe quel temps. Le roulis, le tangage, les secousses très fortes qui en résultent pour les embarcations, même par une mer modérée, seraient certainement très préjudiciables aux accumulateurs et abrégeraient beaucoup leur existence ; les embruns, les paquets de mer produiraient si rapidement des défauts graves d'isolement dans la batterie d'accumulateurs, dans les conducteurs et dans le moteur électrique, qu'on serait dans la nécessité absolue de protéger ceux-ci d'une manière complète contre l'eau de mer. Au contraire, les baleinières à rames, les canots à voiles et les canots à vapeur sont des embarcations qui n'ont rien à craindre des embruns, que le tangage et le roulis laissent indifférentes. Un simple toit en toile suffit à protéger le personnel de la machine et la chaudière d'un canot à vapeur non ponté, par gros temps.

L'embarcation électrique à bord des navires ne peut donc être raisonnablement qu'une embarcation de beau temps et son rôle est dès lors très limité ; on pourra bien avoir à bord une embarcation électrique pour l'agrément, mais les autres embarcations seront de véritables embarcations de mer.

473. — Il semble dès lors superflu de considérer le point

de vue économique, puisqu'il s'agit d'une véritable embarcation de plaisance ; nous dirons cependant que le prix d'achat de la batterie d'accumulateurs nécessaire pour l'embarcation électrique et de la machinerie électrique est toujours assez grand, que le taux d'amortissement doit être pris élevé, mais que, d'autre part, pour un navire possédant une installation d'éclairage électrique fonctionnant partiellement pendant la journée, la charge des accumulateurs peut se faire aisément et avec une dépense très faible. Ajoutons aussi que pour les embarcations d'un navire, sauf des cas spéciaux, l'économie de personnel, qui semble devoir être réalisée avec la propulsion électrique, peut fort bien n'être qu'illusoire et l'usage de cette dernière ne pas diminuer d'un seul homme l'équipage du navire, le nombre des hommes composant cet équipage étant subordonné, en général, à bien d'autres considérations que l'armement des embarcations. Évidemment, il serait commode d'avoir toujours à sa disposition, à bord, les hommes formant l'armement des embarcations, laissés disponibles par l'usage de l'électricité, mais ce n'est là qu'une facilité plus grande accordée au service et l'économie matérielle n'apparaît guère.

474. — En résumé, il paraît presque évident que l'usage de la propulsion électrique pour les embarcations de bord ne peut être qu'onéreux ; les embarcations électriques ne sauraient assurer le service par les mauvais temps au même titre que les canots à voiles et à vapeur, et ne procureraient guère que l'agrément de leur emploi ; elles pourraient constituer des embarcations de luxe pour le commandant ou les officiers.

Dans ces conditions, des embarcations avec moteur à pétrole auraient peut-être l'avantage sur des embarcations électriques.

475. Formules utiles pour l'établissement d'un projet de canot électrique. — Nous allons maintenant

calculer l'importance, le poids et le prix de la batterie d'accumulateurs et de l'électromoteur nécessaires à la propulsion électrique d'une embarcation, afin de donner au moins un aperçu touchant les dépenses d'installation que comporte l'usage de l'électricité. Établissons d'abord les formules dont nous ferons usage.

Les grandeurs qu'il est nécessaire de connaître tout d'abord sont la vitesse qu'on veut communiquer à l'embarcation et l'effort de traction qu'il faut produire pour obtenir cette vitesse. Ce dernier est lié intimement à la vitesse, aux dimensions et à la forme du canot. On admet généralement que l'*effort utile* F'_u à exercer sur un bateau pour le faire marcher en eau calme est donné par la formule

$$F'_u = KB^2V^2 \text{ kilogrammes,}$$

B^2 représentant la surface immergée du maître-couple, c'est-à-dire de la plus grande section transversale, *en mètres carrés;* V étant la vitesse *en mètres par seconde;* K un coefficient variable avec la forme du bateau.

En réalité, la longueur du bateau doit intervenir, ou tout au moins la surface de toute la portion du navire en contact avec l'eau, puisqu'il faut tenir compte du frottement de l'eau sur la carène. On peut s'en tenir à la formule que nous avons écrite, à la condition de modifier en conséquence le coefficient K. Mais il en résulte que ce dernier est très variable et qu'il faut connaître à l'avance sa valeur pour des bateaux de formes à peu près semblables et de dimensions comparables à celui que l'on a en vue.

Pour des bateaux convenablement taillés, le coefficient K varie de 4 à 8. Lorsque le bateau navigue dans un canal étroit, le coefficient augmente notablement et peut atteindre des valeurs voisines de 10 et même 13.

La *puissance utile de propulsion* est le produit de l'effort de traction par la vitesse.

Nous aurons alors, en désignant cette puissance par p'_u

et employant toujours les mêmes unités pour évaluer la surface immergée du maître-couple, la vitesse et l'effort utile

$$p'_u = F'_u \times V \text{ kilogrammètres par seconde,}$$

ou

$$p'_u = KB^2V^3 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

Le *travail utile de propulsion* W'_u est le produit de l'effort utile par le chemin parcouru L. On a donc, en évaluant ce dernier en mètres,

$$W'_u = F'_u \times L \text{ kilogrammètres,}$$

ou

$$W'_u = KB^2V^2L \text{ kilogrammètres.}$$

476. — L'organe propulseur n'utilise pas entièrement pour la propulsion toute la puissance mécanique qu'on lui transmet, de sorte que, pour obtenir la puissance utile de propulsion p'_u, il faut transmettre au propulseur une puissance mécanique majorée dans une certaine proportion. En appelant *rendement de l'organe propulseur* le rapport de la puissance utilisée pour la propulsion à la puissance mécanique qui lui est transmise et en désignant ce rendement par α, on voit donc que la puissance transmise au propulseur doit être $\frac{p'_u}{\alpha}$. Quand ce propulseur est une hélice bien conditionnée, le rendement α peut atteindre une valeur de 0,85.

En second lieu, l'électromoteur qui doit faire marcher le bateau ne transmet pas intégralement à l'organe propulseur la puissance mécanique utile p_u qu'il développe sur l'arbre de son induit ; le plus souvent la transmission se fait par engrenages ; des paliers absorbent aussi par leurs frottements une partie de la puissance. Nous désignerons par β un coeffi-

cient que nous pourrons appeler *rendement de la transmission*, et nous aurons

$$\frac{p'_u}{\alpha} = p_u \times \beta,$$

ou

$$p_u = \frac{p'_u}{\alpha\beta}.$$

Le coefficient β est fort variable, suivant la complication de la transmission ; nous admettrons qu'il est égal à 0,9.

La puissance électrique P à fournir à l'électromoteur, multipliée par son rendement industriel η_i, est égale à la puissance mécanique utile qu'il développe ; on a donc

$$P = \frac{p_u}{\eta_i} = \frac{p'_u}{\alpha\beta\eta_i}.$$

Nous avons donné des chiffres relatifs au rendement des électromoteurs dans le chapitre consacré à leur étude expérimentale et nous avons vu qu'il peut atteindre des valeurs voisines de 0,90 (**193**). Il ne faut pas cependant compter, en général, pour des moteurs de moyenne puissance, sur plus de 0,80.

Il résulte de là que, si on admet les chiffres que nous avons donnés pour α, β et η_i, la puissance électrique P à fournir à l'électromoteur est

$$P = \frac{p'_u}{0,61} = p'_u \times 1,64.$$

Il est clair qu'on aura de même, en désignant par W l'énergie électrique qu'il faudra fournir à l'électromoteur pour obtenir un travail utile de propulsion égal à W'_u,

$$W = W'_u \times 1,64.$$

477. — Cette énergie électrique est fournie par une batterie d'accumulateurs. Or, les accumulateurs ne restituent

guère, à la décharge, en service courant, que 70 °/₀ de l'énergie qu'ils ont absorbée pendant la charge. Le travail électrique que devra donc développer la dynamo génératrice pour la charge des accumulateurs sera donc, en la désignant par W_1,

$$W_1 = \frac{W}{0,70} = W'_u \times 2,34.$$

478. — Enfin, cette énergie électrique utilisable développée par la dynamo génératrice est une fraction de l'énergie mécanique W_m, dépensée pour la faire tourner, égale au rendement industriel η_i de cette dynamo, rendement que nous pourrons supposer encore égal à 0,80. L'énergie mécanique W_m qu'il faudra dépenser pour actionner la dynamo de chargement sera donc, en dernier ressort,

$$W_m = \frac{W_1}{0,80} = W'_u \times 2,92.$$

479. — Le *rendement pratique* de la transmission d'énergie, c'est-à-dire le rapport de l'énergie mécanique W'_u utilisée pour la propulsion à l'énergie mécanique W_m absorbée par la dynamo de chargement des accumulateurs est donc, en définitive,

$$0,85 \times 0,90 \times 0,80 \times 0,70 \times 0,80 = 0,343.$$

En résumé, on voit donc que, sur 2 920 kilogrammètres fournis par la machine à vapeur à la dynamo génératrice, 1 000 seulement sont utilisés pour la propulsion du bateau.

480. — Cependant, il faut bien remarquer que cette majoration de l'énergie utilisée n'est pas entièrement due à l'emploi des accumulateurs comme intermédiaires entre la machine à vapeur et le propulseur, puisque dans tous les cas il y aura à tenir compte du rendement propre du pro-

pulseur que nous avons pris égal à 0,85 et du rendement de la transmission ou 0,90 ; de sorte que, en faisant abstraction de ces deux coefficients, l'énergie mécanique appliquée à la transmission du propulseur est majorée par l'emploi des accumulateurs dans le rapport de 2,23 à 1. On voit que la consommation de charbon nécessaire pour obtenir du bateau un certain parcours à une vitesse déterminée sera plus forte pour le canot électrique que si une machine à vapeur avait été installée dans le canot pour actionner directement l'hélice, bien que cette dernière machine ait une dépense spécifique en général plus grande que les machines plus puissantes qui fonctionneront à terre pour la charge des accumulateurs. Il n'y a donc pas de ce chef à espérer d'économie par l'emploi de l'électricité.

481. — Nous rappellerons que la puissance électrique utilisable développée par la dynamo génératrice servant au chargement des accumulateurs est $D' i'$, D' étant la différence du potentiel aux bornes de la dynamo, ou plus exactement entre les deux points où sont branchés les conducteurs allant à la batterie en chargement, et i' l'intensité du courant de charge.

La puissance électrique utile développée par la batterie d'accumulateurs pendant la décharge est

$$P = D i,$$

D étant la différence de potentiel entre les deux bornes de la batterie, pendant la décharge dans l'électromoteur, et i l'intensité du courant de décharge ; on peut supposer, en raison de la faible résistance des conducteurs qui relient la batterie d'accumulateurs à l'électromoteur dans le canot électrique, que la différence de potentiel aux bornes des accumulateurs est aussi la différence de potentiel aux bornes de l'électromoteur. Comme approximation suffisante, pour les accumulateurs au plomb, on confondra la force électromotrice des accumulateurs et la différence de potentiel aux

bornes. A la charge, on supposera cette différence de potentiel variable, suivant la période de charge, de 2 à 2,5 volts par élément et, pendant la décharge, on la supposera variable de 2 à 1,8 volts par élément.

Le nombre des éléments en tension, soit pour la charge, soit pour la décharge, dépendra des dynamos génératrices dont on dispose et de la différence de potentiel pour laquelle le moteur électrique du canot est calculé. Pour une puissance donnée, on peut d'ailleurs construire une infinité de moteurs fonctionnant sous une différence de potentiel aux bornes également fixée ; pour préciser l'électromoteur, il faut encore se donner sa vitesse de rotation. Celle-ci est subordonnée d'autre part au nombre de tours que l'on veut donner à l'hélice et à la complexité plus ou moins grande admise pour les organes de transmission, qui, comme nous l'avons dit, comprennent, en général, des engrenages.

482. Application au calcul de la batterie d'accumulateurs et de la machinerie d'un canot électrique. Puissance nécessaire. — Supposons que l'on veuille actionner électriquement une embarcation légère de 6 à 7 mètres de longueur et lui communiquer une vitesse de 6 nœuds. Nous pourrions nous donner également le plan du maître-couple et l'immersion normale de l'embarcation et calculer par la formule que nous avons donnée (**475**) l'effort de traction F'_u qu'il faut appliquer à l'embarcation pour vaincre la résistance de l'eau. Mais nous pouvons aussi, et ce sera pour de petites embarcations le procédé le plus exact, déterminer expérimentalement sur l'embarcation construite, par remorquage, l'effort à exercer. Nous admettrons qu'on ait trouvé, pour cet effort F'_u, une valeur égale à 60 kilogr. La vitesse de 6 nœuds correspond à un déplacement de 3,08 mètres par seconde, la puissance utile de propulsion p'_u sera :

$$p'_u = 60 \times 3,08 = 184,8 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

En raison du coefficient d'utilisation de l'hélice servant à la propulsion et du coefficient de la transmission, coefficients que nous prendrons, comme précédemment, respectivement égaux à 0,85 et 0,90, la puissance mécanique développée sur son arbre par l'électromoteur devra être

$$p_a = \frac{184,80}{0,85 \times 0,90} = 241,5 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

En exprimant cette puissance en watts, nous aurons

$$p_a = 241,5 \times 9,81 = 2\,369 \text{ watts.}$$

La puissance électrique P à fournir à l'électromoteur sera dès lors

$$P = \frac{2\,369}{0,80} = 2\,961 \text{ watts.}$$

Nous pouvons refaire les mêmes calculs pour des vitesses de 4 nœuds ou 10 nœuds ; comme les puissances utiles de propulsion sont proportionnelles au cube de la vitesse, et que, en supposant les rendements identiques, il en est de même pour les autres puissances, on trouvera pour la puissance électrique fournie à l'électromoteur

à 4 nœuds, P = 877 watts ;
à 6 nœuds, P = 2 961 watts ;
à 10 nœuds, P = 13 708 watts ;

On voit que la puissance nécessaire croît extrêmement vite avec la vitesse.

483. Batterie d'accumulateurs. — Si l'on veut réduire au minimum les manipulations et éviter les erreurs, il est bon que les éléments de la batterie d'accumulateurs restent couplés de la même manière, soit pendant la décharge, soit pendant la charge. D'ailleurs, le couplage des accumulateurs en quantité est toujours fort peu recommandable.

En raison de leur faible résistance intérieure et des différences quelquefois très sensibles dans les forces électromotrices des divers éléments, surtout après qu'un certain temps de service a amené des avaries dans certains d'entre eux, la charge de batteries couplées en quantité ne se fait pas uniformément pour tous les éléments, certains se chargeant beaucoup moins vite ; à la décharge, outre que ces derniers sont plus tôt déchargés et que, si on ne les retire pas du circuit à ce moment, ils peuvent se trouver gravement endommagés, lorsque les éléments restent couplés en quantité, des circuits locaux peuvent se former entre les éléments de plus grande et de plus faible force électromotrice, ce qui provoque au moins des pertes d'énergie. Il faut ajouter encore qu'en cas d'avarie dans un ou plusieurs éléments, il est toujours aisé de les retirer du circuit, lorsque tous les éléments sont couplés en tension, et qu'il n'en est pas de même, si la batterie totale est divisée en batteries partielles dont les éléments sont en tension, mais qui sont elles-mêmes couplées en quantité ; on ne peut retirer des éléments d'une batterie partielle qu'en diminuant sa force électromotrice et en provoquant, par suite, la décharge des autres à travers elle ; la suppression d'un ou de plusieurs éléments doit entraîner la suppression de toute la batterie partielle dont ils font partie, ou d'un nombre d'éléments identiques dans les autres batteries partielles.

Nous supposerons donc que les éléments de la batterie d'accumulateurs sont couplés en tension pendant la décharge et pendant la charge.

S'il en est ainsi, le nombre des éléments de la batterie est entièrement subordonné au voltage des dynamos dont on peut disposer pour la charge.

Supposons que ces dynamos fonctionnent normalement en donnant 120 volts aux bornes. C'est le cas le plus général actuellement, pour les dynamos employées pour l'éclairage à terre. Mais la distribution de l'énergie électrique ne se fait alors qu'à 110 volts, le plus souvent. Dans les ports de

guerre également, l'éclairage électrique est ou sera la plupart du temps aussi assuré par des dynamos à 120 volts et la distribution faite à 110 volts. En admettant même que la dérivation alimentant les accumulateurs soit prise aux bornes de la dynamo, il faut compter que des conducteurs assez longs seront nécessaires, puisque les accumulateurs ne quitteront pas les embarcations ; comme on donnera à ces conducteurs, par raison d'économie, la plus faible section compatible avec l'intensité du courant qui doit les parcourir, la chute de potentiel dans ces conducteurs pourra toujours atteindre quelques volts. D'ailleurs, il faut admettre que le voltage pourra varier aux bornes de la dynamo, soit par inadvertance du mécanicien qui la gouverne, soit par suite des variations de vitesse occasionnées par les variations de charge. Pour toutes ces raisons, il n'est pas prudent de compter, d'une manière générale, sur plus de 110 volts aux bornes de la batterie d'accumulateurs en charge, sauf, bien entendu, l'emploi de *survolteurs*.

Comme les accumulateurs au plomb ont, pendant la charge, une force électromotrice maximum de 2,5 volts, on voit que le nombre des accumulateurs en tension doit être au plus égal à 44 ; on a d'ailleurs intérêt à prendre ce nombre aussi grand que possible, afin de diminuer l'intensité du courant correspondant à une puissance déterminée. Nous adopterons donc ce nombre de 44 accumulateurs en tension.

Pendant la décharge, chaque accumulateur a une différence de potentiel aux bornes variable de 2 à 1,8 volts, depuis le commencement jusqu'à la fin. Nous prendrons la valeur moyenne de 1,9 volt. La batterie de 44 éléments donnera aux bornes une différence de potentiel de $44 \times 1,9$ ou 84 volts. Comme la puissance électrique qu'elle doit fournir, pour la vitesse de 6 nœuds, est de 2 961 watts, le débit de la batterie doit être

$$i = \frac{2\,961}{84} = 35,2 \text{ ampères.}$$

Si nous voulons ne pas faire fonctionner la batterie au débit maximum, ce qu'on doit d'autant plus éviter qu'au démarrage de l'électromoteur l'intensité de décharge s'exagère encore, nous prendrons des accumulateurs dont le courant maximum de décharge soit, par exemple, 40 ampères.

484. — Ainsi notre batterie comprendra 44 accumulateurs au plomb pouvant débiter au maximum 40 ampères. Or, si l'on veut une batterie d'accumulateurs capable de faire un service régulier et non pas seulement d'assurer quelques *courses* à l'embarcation, il est prudent de ne pas compter sur un débit supérieur à 2 ampères par kilogramme de plaque. Nous adopterons donc ce nombre comme débit maximum. Il en résulte que chacun des éléments de notre batterie devra avoir 20 kg de plaques. Si nous admettons que le liquide et le vase pèsent environ la moitié du poids des plaques, ce qui se rapproche assez de la vérité, le poids total d'un élément de la batterie sera voisin de 30 kg.

Le poids total de la batterie de 44 accumulateurs sera donc de 1 320 kg.

Le prix des accumulateurs est fort variable ; il dépend en particulier non seulement du débit, mais de la capacité des accumulateurs. Pour des accumulateurs débitant 2 ampères par kilogramme de plaques et ayant une capacité de 10 ampères-heure par kilogramme, le prix est à peu près de 3,5 fr par kilogramme de plaques, ce qui porte à 70 fr le prix d'un élément de la batterie et à 3 080 fr celui de la batterie entière.

La capacité des éléments étant de 200 ampères-heure seulement, la durée de la décharge des accumulateurs, c'est-à-dire le temps pendant lequel le bateau pourra marcher avec une vitesse de 6 nœuds, sera donnée en heures par le quotient de cette capacité par l'intensité du courant de décharge, ou 35 ampères. On trouve ainsi 5,7 heures.

485. — Si l'on voulait augmenter la durée du fonctionnement du bateau, il faudrait prendre des accumulateurs ayant

une plus grande capacité ; il est bon d'ailleurs de remarquer que la capacité des accumulateurs au plomb augmente quand on diminue leur débit. On sera, en tous cas, amené, pour accroître la capacité, à augmenter le poids des accumulateurs. Si on fait choix, par exemple, d'accumulateurs ne débitant que 1 ampère par kilogramme, mais d'une capacité de 15 ampères-heure par kilogramme, il faudra prendre des éléments ayant chacun 35 kg de plaques et pesant en tout environ 52 kg. La batterie de 44 éléments pèsera 2 300 kg environ et coûtera environ 5 400 fr. Mais la capacité de chaque élément étant de 525 ampères-heure, la décharge pourra durer 15 heures.

On pourra, on le voit, faire varier la durée du fonctionnement dans des limites très étendues, mais en augmentant parallèlement le poids et le prix de la batterie ; on pourra évidemment choisir un type d'accumulateurs intermédiaire entre les deux que nous avons considérés.

486. — En refaisant les calculs pour une vitesse de 4 nœuds ou de 10 nœuds (1), on trouverait les résultats suivants, en adoptant pour les accumulateurs un débit de 2 ampères et une capacité de 10 ampères-heure par kilogramme de plaques.

	VITESSE		
	4 NŒUDS	6 NŒUDS	10 NŒUDS
Poids des plaques d'un élément, en kilogr.	6	20	92
Poids total d'un élément	9	30	138
Poids total de la batterie	400	1 320	6 000
Prix approximatif de la batterie, en francs.	900	3 000	14 000
Durée du parcours, en heures	5,7	5,7	5,7

1. Dans la marine, les vitesses sont encore ordinairement exprimées en *nœuds*. Une vitesse de 1 nœud correspond à 1,85 km par heure.

On voit que le poids de la batterie et son prix croissent très vite avec la vitesse (proportionnellement au cube de la vitesse), et que la propulsion électrique n'est actuellement pratique que pour les faibles vitesses, ne dépassant pas 7 à 8 nœuds. Le poids de 6 000 kg pour la batterie correspondant à 10 nœuds est déjà de beaucoup supérieur au déplacement d'une embarcation de petites dimensions telle que celle qui nous occupe.

487. — A ce point de vue, le problème de la navigation électrique est très différent de celui de la traction électrique sur terre. Cela tient à ce que, sur terre, l'effort de traction est à peu près indépendant de la vitesse, au moins pour les vitesses moyennes; pour les grandes vitesses, la résistance de l'air intervient, de sorte que l'effort de traction augmente avec la vitesse, mais peu rapidement. Dans le cas de la navigation, l'effort de traction doit augmenter proportionnellement au carré de la vitesse. La puissance utile à développer croît donc, pour la traction sur terre, ou plus exactement sur voie ferrée, un peu plus vite que la vitesse et cette puissance croît proportionnellement *au cube* de la vitesse dans le cas des bateaux. On peut donc faire réaliser aux locomotives, *pourvu qu'on leur donne une stabilité suffisante,* une vitesse très grande; il suffit pour cela de leur appliquer une *très grande puissance* motrice. Pour communiquer une grande vitesse aux bateaux, il faut appliquer au propulseur une *puissance extrêmement grande.*

Aussi, alors que les locomotives à vapeur font couramment 80 à 100 km à l'heure et que, ainsi que nous l'avons dit, le manque de stabilité seul empêche d'aller plus vite (**456**), les bateaux à vapeur ne dépassent guère 35 à 40 km. On pourra augmenter la vitesse des locomotives et la porter à 150 ou 200 km en leur appliquant la traction électrique; il y aura toujours un maximum de vitesse pour les bateaux, avec l'électricité, comme avec la vapeur. Ce maximum de vitesse aura, il est vrai, une valeur de plus en plus grande.

à mesure que les machines motrices auront une *puissance spécifique* plus grande, mais, pour une espèce de machine donnée, ce maximum existera toujours. Nous avons vu d'ailleurs qu'en ce qui concerne les embarcations, ce maximum de vitesse est actuellement assez faible, quand on emploie la propulsion électrique.

488. Électromoteur. — L'électromoteur sera défini comme il suit : il devra développer sur l'arbre une puissance mécanique utile de 2 369 watts ou 3 chevaux, avec un courant de 35 ampères et une différence de potentiel aux bornes de 84 volts; la vitesse de l'induit du moteur sera, par exemple, de 1 200 tours par minute. Nous verrons dans un chapitre spécial comment le constructeur procède pour établir le moteur dont les conditions sont ainsi posées. Il est clair qu'on désirera aussi que le moteur n'éprouve que de faibles variations de vitesse sous l'influence des variations de charge, inévitables en particulier lorsque l'embarcation navigue en mer et tangue tant soit peu ; on aura le plus souvent recours à l'excitation en dérivation, qui donne d'ailleurs tant de facilités pour gouverner le moteur.

La vitesse de rotation sera ramenée, par exemple, à 300 tours pour l'arbre de l'hélice, au moyen d'engrenages. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que cette vitesse du moteur, celle de l'hélice, et par suite les dimensions à donner à celle-ci, sont arbitraires. Il faut remarquer toutefois que plus la vitesse adoptée pour le moteur électrique est grande, plus sont faibles son volume et son poids. A la vitesse de 1 200 tours par minute, un moteur robuste, donnant 2 400 watts utiles sur l'arbre, pèse de 200 à 250 kg et coûte de 800 à 900 fr.

489. — On voit que le prix et le poids de la batterie d'accumulateurs sont considérablement plus élevés que ceux du moteur électrique.

Pour des vitesses de 4 nœuds, 6 nœuds et 10 nœuds, nous trouverions approximativement :

	VITESSE		
	4 NŒUDS	6 NŒUDS	10 NŒUDS
Poids du moteur électrique, en kilogr. . . .	60	200	750
Prix, en francs	300	800	2 000

490. Manœuvre des embarcations électriques. — Nous avons déjà indiqué d'une manière générale (tome **I**) comment on peut gouverner les électromoteurs.

Nous préciserons ici en faisant un choix parmi les moyens divers que nous avons alors indiqués comme possibles. Nous avons déjà montré les inconvénients du couplage des accumulateurs autrement qu'en tension. Nous ne pensons donc pas qu'il soit recommandable de faire, par exemple, varier la vitesse de l'électromoteur et du bateau en modifiant le couplage de la batterie, et nous conseillons d'agir exclusivement sur l'électromoteur.

Le moteur sera excité en dérivation et un rhéostat de réglage servant en même temps de rhéostat de démarrage sera intercalé dans le circuit de l'induit, les extrémités du circuit inducteur restant directement reliées aux deux bornes de la batterie d'accumulateurs ; un interrupteur sera placé sur le circuit d'excitation et le commutateur du rhéostat de réglage servira également à rompre le circuit de l'induit.

Ce commutateur permettra aussi d'inverser le sens du courant dans l'induit pour produire les renversements de marche. A cet effet, le moteur électrique aura été construit de manière à ne pas présenter de décalage des balais. Ces derniers seront en charbon, de façon à ne pas se rebrousser quel que soit le sens de la rotation.

Enfin, le commutateur-inverseur mettra l'induit en court-circuit en même temps qu'il interrompra le courant venant des accumulateurs.

491. — Nous avons, à diverses reprises, indiqué l'emploi de semblables commutateurs et représenté quelques dispositifs employés pour faire commodément varier la vitesse du moteur électrique, par l'introduction de résistances variables dans le circuit de l'induit et pour mettre l'induit en court-circuit au moment de l'arrêt, soit directement, soit avec interposition d'une résistance convenable.

492. — On peut objecter à cette manière de gouverner le moteur électrique d'une embarcation que, dans le cas des faibles vitesses, une résistance assez importante étant introduite dans le circuit de l'induit, on perd par échauffement de cette résistance une notable fraction de la puissance développée par la batterie d'accumulateurs ; cette perte est réelle, mais, tout d'abord, il ne faut pas oublier que nous nous occupons ici d'embarcations électriques destinées à marcher régulièrement à leur vitesse de route ; les changements de vitesse ne sont réclamés que pour la mise en route, ou pour l'accostage, et la perte qui résulte de ces courtes périodes à faible vitesse est insignifiante.

Ensuite, lorsque, pour éviter cette perte, on préconise le couplage des accumulateurs en quantité, ce qui diminue la différence de potentiel aux bornes de l'électromoteur et la vitesse, on oublie trop souvent que ce couplage des accumulateurs en quantité, peu recommandable au point de vue de la conservation de la batterie et de la facilité d'élimination des éléments défectueux (**483**), entraîne aussi des pertes par suite des décharges partielles des accumulateurs les uns dans les autres, en circuits locaux. D'après M. Darrieus, un même nombre d'accumulateurs *neufs,* toujours chargés de la même manière, mais successivement couplés en tension ou en quantité, pour la décharge, ont rendu une quar-

tité d'énergie inférieure de 22 °/₀ avec le couplage en quantité. Cette perte s'accroîtra encore lorsque, les accumulateurs n'étant plus neufs, les différences dans leurs forces électromotrices s'accentueront.

Il faut ajouter encore que le couplage des accumulateurs en quantité diminue bien la différence de potentiel entre les extrémités de l'induit du moteur, ce qui, assurément, est une bonne manœuvre pour diminuer la vitesse; mais que, si le moteur est excité en dérivation, l'excitation des inducteurs est en même temps diminuée, ce qui, comme nous l'avons vu (tome I) tend à augmenter la vitesse et rend certainement moins grand l'effet qu'on a voulu produire. Nous avons indiqué qu'il est logique, lorsqu'on fait varier la différence de potentiel à l'induit, de conserver la même différence de potentiel aux inducteurs et signalé un exemple de cette manière de faire (**306**).

On peut, il est vrai, obtenir les variations de vitesse, sans pertes dans les rhéostats, par l'accouplement en tension ou en quantité des induits de deux électromoteurs ou des deux induits du même électromoteur, ainsi que nous l'avons indiqué (tome **I, 312**) et comme il a été fait dans plusieurs applications à bord (**255** et **351**). Mais il semble que c'est là une complication qu'il vaut mieux éviter ici, si l'on ne tient pas à employer des modes de manœuvre sortant un peu de l'ordinaire, puisqu'il n'en résulte aucun avantage réel.

493. Premiers essais de canotage électrique. — Les premières embarcations électriques datent de loin. Jacobi, dès 1838, construisit un moteur électrique destiné à la propulsion d'un bateau; le moteur était alimenté par des piles chimiques.

En 1881, on pouvait voir, à l'Exposition d'électricité de Paris, naviguer le petit bateau électrique de M. Trouvé.

Au mois de septembre 1882, le canot *Electricity* faisait sur la Tamise un voyage intéressant.

Mais il faut arriver à l'année 1886 pour trouver, avec le *Volta,* un essai de navigation électrique en mer effectué dans de bonnes conditions.

494. Le « Volta ». — Le *Volta* était une chaloupe en tôle d'acier, de 11,2 m de longueur et 2 m de largeur, ayant pour propulseur une hélice de 60 cm de diamètre et 27,5 cm de pas.

Cette hélice fut accouplée directement à un moteur double système Reckenzaun disposé pour tourner à trois vitesses : petite, moyenne et grande vitesse. Pour la petite vitesse, les deux moteurs étaient couplés en série; pour la vitesse moyenne, un seul moteur est employé, et pour la grande vitesse, les moteurs sont couplés en quantité; ces divers couplages, ainsi que la mise en marche et le stoppage, étaient produits par la manœuvre d'un seul commutateur, au moyen d'une poignée unique. Les inversions de marche étaient effectuées par la manœuvre d'un commutateur spécial, lequel inversait le courant dans les induits.

Les moteurs avaient 1,15 m de longueur, 52 cm de largeur, 33 cm de hauteur et pesaient 330 kg chacun; ils étaient placés à l'arrière et fixés sur la quille. Ils donnaient, à la plus grande vitesse, 1 000 tours par minute et 600 tours seulement à petite vitesse.

Les accumulateurs, au nombre de 61, du type E. P. S., pesaient environ 2 tonnes; ils étaient disposés le long de la quille, sous un faux-pont.

A petite vitesse, le courant produit par les accumulateurs étant d'environ 28 ampères, la petite chaloupe a effectué en 3 heures 41 minutes la traversée de Douvres à Calais.

Au retour, de Calais à Douvres, l'intensité du courant étant tombée à 25 ampères, par suite de la diminution de la force électromotrice des accumulateurs, le voyage a duré 4 heures 15 minutes.

495. Canot électrique de la marine française. — En septembre 1887 fut expérimenté au Havre le premier canot électrique de la marine française. Ce canot, qui n'est plus en service actuellement, est, en réalité, un type de canot à vapeur ordinaire, dont on aurait remplacé la chaudière et la machine à vapeur par des accumulateurs et un électromoteur. Il mesure 8,85 m de longueur entre perpendiculaires, 2,8 m au maître-bau et jauge environ 5 tonneaux; il a, comme les canots à vapeur de son espèce, des formes lourdes faites pour la mer. L'hélice a 55 cm de diamètre.

L'électromoteur a été combiné par M. Krebs; il est à 12 pôles et tourne à 850 tours par minute, cette vitesse étant ramenée à 280 tours pour l'hélice; le moteur est excité en série.

La batterie d'accumulateurs comprenait 132 éléments, du type Desmazures, et pesait environ 2 000 kg. Chaque élément, ayant 11 kg de plaques, pesait brut, avec les liquides, 15 kg; il donnait aux bornes une différence de potentiel de 0,78 volt et pouvait débiter 87 à 89 ampères, avec une capacité de 440 ampères-heure.

Les 132 accumulateurs étaient disposés en trois caisses de 44 chacune; un commutateur permettait d'effectuer différents couplages de ces trois batteries et d'obtenir quatre vitesses différentes.

Aux essais, on a obtenu une vitesse de 6 nœuds pendant 6 heures.

496. Bateaux électriques de la Tamise. — La maison Immisch a installé en 1888 sur la Tamise une station de bateaux électriques de plaisance. La barque-station, de faible tirant d'eau, a 21 m de long et jauge 50 tonneaux. L'installation électrique comprend une machine à vapeur de 50 chevaux environ, actionnant deux dynamos Immisch excitées en dérivation, pouvant fournir un courant de 180 ampères, sous 50 à 100 volts. Cette station génératrice fournit l'énergie électrique nécessaire pour la charge des accumu-

lateurs de chaloupes électriques louées au public. Les embarcations reçoivent à chaque charge une quantité d'énergie suffisante pour le service d'une journée.

Une des chaloupes en service, la *Malden*, a 9 m de longueur et 1,4 m au maître-couple ; son tirant d'eau est de 75 cm et son déplacement, avec six à huit personnes à bord, d'environ 2,5 tonnes. Le moteur électrique, de 3 chevaux environ, tourne à 650 tours par minute et commande directement l'hélice. Les accumulateurs sont au nombre de 48.

Cinq chaloupes électriques de 11 m de longueur se louent 260 fr par jour et le coût du rechargement des accumulateurs est de 21 fr.

497. Chaloupes électriques du canal de l'Union. — Sur le canal de l'Union, la *General Electric Power and Traction Company* a établi, à l'occasion de l'Exposition d'Édimbourg en 1890, un service de bateaux électriques. Ces bateaux, au nombre de 4, sont en acier, mesurent 12,20 m de longueur totale, 1,82 m au maître-bau, 935 mm du bord à la quille, avec un tirant d'eau de 634 mm à vide. Leur poids est de 3,5 tonnes, hors de l'eau, en y comprenant moteur et accumulateurs ; ils peuvent transporter quarante passagers au maximum.

La batterie d'accumulateurs comprend 50 éléments du type E. P. S., d'une capacité de 120 ampères-heure, se chargeant à 30 ou 40 ampères et pouvant débiter 40 ampères. Chaque élément pèse brut 26,3 kg. La batterie, divisée en deux groupes de 25 en série, est placée dans des boîtes servant de bancs pour les voyageurs.

L'électromoteur du type Immisch pèse 160 kg ; il comprend un induit en forme de tambour Siemens, ayant 48 sections, une résistance égale à 0,3 ohm et 4 électro-aimants inducteurs associés en tension entre eux, mais placés en dérivation sur l'induit ; la résistance du circuit-inducteur est de 18 ohms.

Les chaloupes sont prévues pour une vitesse de 6 milles

à l'heure ; les 50 accumulateurs sont alors tous associés en série, donnant une différence de potentiel de 95 volts environ et une intensité de courant de 34 ampères.

On peut réduire la vitesse à 4,5 milles, en couplant en quantité les deux séries de 25 accumulateurs en tension, le voltage aux bornes étant alors 48 volts et l'intensité du courant 24 ampères. La vitesse de l'induit du moteur et de l'hélice est, dans ces conditions, de 510 tours par minute.

Un commutateur permet de produire à volonté les deux couplages.

Un second commutateur introduit dans le circuit une résistance plus ou moins grande pour le démarrage ou pour le stoppage.

Un troisième sert à renverser le courant dans l'induit, pour le changement de marche.

La manœuvre ne laisse pas, on le voit, que d'être assez compliquée et pourrait entraîner des erreurs, qu'on a cherché à éviter en établissant un verrouillage entre les leviers de manœuvre de ces trois commutateurs.

L'hélice a 48 cm de diamètre ; elle est montée directement sur l'arbre de l'électromoteur ; on évite ainsi toute transmission.

La charge des accumulateurs des bateaux se fait, pendant la nuit, au moyen de dynamos Immisch, excitées en dérivation et pouvant donner, à la vitesse de 750 tours par minute, 130 volts et 120 ampères. Pour la charge, les 50 accumulateurs d'un bateau sont mis en tension et les batteries des 4 bateaux sont mises en dérivation entre les bornes de la dynamo génératrice.

Le courant moyen de charge est établi à 22 ampères pour chaque batterie ; les accumulateurs ayant une capacité d'environ 120 ampères-heure, il faut de six à sept heures pour les charger.

A la vitesse de 4,5 milles, le courant de décharge total de la batterie d'un bateau étant 24 ampères, soit 12 ampères pour chacune des deux demi-batteries placées en quantité,

la durée de fonctionnement d'un bateau peut être d'une dizaine d'heures.

498. L'« Éclair ». — En août 1892, la chaloupe électrique *Éclair,* construite par MM. Woodhouse et Rawson, a fait sa première excursion sur la Seine.

Elle a 11 m de longueur, 1,80 m de largeur et 40 cm de tirant d'eau. Elle peut contenir vingt personnes et marcher à la vitesse de 12 km par heure pendant 6 heures.

Le moteur qui l'actionne a une puissance de 3 chevaux ; il est alimenté par une batterie de 40 accumulateurs, système Epstein, ayant chacun 17,5 kg de plaques et pesant brut 24 kg, soit 960 kg pour la batterie entière. La capacité des accumulateurs est de 160 ampères-heure et le débit de 25 à 30 ampères pendant la marche à grande vitesse ; le régime de charge varie de 40 à 50 ampères.

Les 40 accumulateurs sont partagés en deux séries de 20 chacune, que l'on couple en tension pour la grande vitesse et en quantité pour obtenir une vitesse réduite. La mise en marche à grande ou petite vitesse, l'arrêt et la marche en arrière sont obtenus par la manœuvre d'un seul levier.

A grande vitesse, le moteur, avec balais en charbon, donne 800 tours par minute.

La charge des accumulateurs coûte de 12 à 15 fr. La location du bateau pour une journée coûte 100 fr.

499. Bateaux anglais modernes. — Le *Titan,* de 13,7 m de longueur (*chantiers de la Tamise*), est muni d'une batterie de 54 accumulateurs d'une capacité de 280 ampères-heure, au débit de 40 ampères ; la vitesse est de 13 km à l'heure.

Le *White Iris* (*chantiers de Reverside*) a 9,44 m de longueur ; un moteur électrique de 5 chevaux-vapeur lui donne une vitesse de 14,8 km à l'heure.

La *Culla Rance* mesure 16,8 m de longueur ; sa batterie d'accumulateurs de 34 éléments a une capacité de 150 ampères-heure, au régime de décharge de 30 ampères.

La *Livonia,* de 10,35 m de longueur, a une batterie d'accumulateurs de 48 éléments d'une capacité de 200 ampères-heure, au régime de décharge de 28 ampères; la vitesse est de 16,7 km à l'heure.

500. Bateaux allemands modernes. — L'*Oder* est un bateau de 11 m de longueur, 2,30 m de largeur et 1 m de tirant d'eau. Son moteur, de 8 chevaux-vapeur, est alimenté par une batterie d'accumulateurs de 80 éléments pesant 2 080 kg; ces accumulateurs peuvent fournir 11 kilowatts-heure au régime de décharge en une heure et 17,6 kilowatts-heure pour une décharge en 10 heures.

La *Sprée* a un électromoteur alimenté par une batterie identique à la précédente. Ce bateau a 9,25 m de longueur, 1,66 m de largeur et 70 cm de tirant d'eau.

Les 80 accumulateurs peuvent être tous associés en tension, ou former deux batteries de 40 éléments associées en quantité. D'autre part, l'induit de l'électromoteur porte deux enroulements qu'on peut associer en série ou en parallèle. Ces divers groupements permettent d'obtenir diverses vitesses, depuis 6,5 km par heure avec 355 tours par minute et une puissance de 1,1 cheval-vapeur environ, jusqu'à une vitesse de 11 km par heure, pour une puissance de 3,8 chevaux-vapeur.

Le *Germania* a 19,50 m de longueur, 2,8 m de largeur et un tirant d'eau de 885 mm; il jauge 17,5 tonneaux. Son électromoteur, à deux enroulements, est alimenté par une batterie d'accumulateurs de 90 éléments formant deux sous-batteries que l'on peut associer en tension, ou en quantité. Ces accumulateurs ont une capacité de 450 ampères-heure pour une décharge en 6 heures. On obtient une vitesse de 9,6 km par heure avec une puissance de 7 chevaux-vapeur (535 tours par minute), 11,2 km par heure avec 11 chevaux-vapeur (645 tours par minute), 14 km par heure avec 23 chevaux-vapeur (815 tours par minute), 16,5 km par heure avec 45 chevaux-vapeur (1 042 tours par minute).

Bateaux électriques de grandes et moyennes dimensions.

501. Considérations générales. — Lorsqu'il s'agit, non plus d'embarcations, mais de bateaux d'un certain tonnage, il faut, pour juger de la valeur de la source d'énergie employée à la propulsion, l'examiner, d'une manière générale, à trois points de vue différents : économie, vitesse et rayon d'action.

Les grands bateaux sont faits pour aller vite, pour aller loin, tout en coûtant le meilleur marché possible.

Pour les navires de guerre, en particulier, la question du rayon d'action, autrement dit du nombre de milles que le bateau peut faire sans être obligé de renouveler sa provision d'énergie, est des plus importantes et nous n'avons pas besoin de le démontrer. Malheureusement, avec les bateaux à vapeur, si l'on va vite, on consomme beaucoup de charbon par chaque heure de route ; et comme la puissance à développer croît au moins proportionnellement au cube de la vitesse et beaucoup plus rapidement encore pour les très grandes vitesses, on voit qu'avec une provision de charbon donnée, le rayon d'action décroît très rapidement, si l'on augmente la vitesse.

Nous avons déjà vu précédemment que l'emploi des piles, avec approvisionnement de matières chimiques, ne saurait donner que des résultats inférieurs à la vapeur, puisque le poids des matières consommées est plus grand que celui du charbon (**460**).

La propulsion électrique par accumulateurs est-elle supérieure à la vapeur ? Donne-t-elle, pour le même poids de machinerie et d'énergie emmagasinée, une vitesse plus grande ou un rayon d'action plus étendu ? Il n'est pas difficile de montrer que l'électricité reste très inférieure à la vapeur, même avec l'emploi des accumulateurs, si le rayon d'action qu'on veut obtenir est un peu grand.

En effet, si nous laissons de côté le nouvel accumulateur

Edison et en ne considérant que les accumulateurs au plomb, qui seuls ont jusqu'à présent fait leurs preuves, nous savons que *les meilleurs* de ces derniers peuvent fournir une énergie de 20 à 30 watts-heure par kilogramme de poids brut pour un régime de débit ne dépassant pas 2 watts par kilogramme brut, et que l'énergie disponible tombe, le plus souvent, à 15 ou 20 watts-heure par kilogramme brut, si la puissance atteint 5 watts par kilogramme; pour des puissances supérieures à 5 watts par kilogramme, l'énergie disponible diminue très rapidement, en même temps que les accumulateurs s'usent vite à ce régime. Exceptionnellement, pour une *puissance massique* (puissance développée par kilogramme de poids brut) de 2 watts par kilogramme, on peut atteindre une *énergie massique* (énergie rapportée au kilogramme de poids brut) voisine de 35 watts-heure et, pour une puissance massique de 5 watts par kilogramme, une énergie massique atteignant encore presque 30 watts-heure.

Nous adopterons ces derniers chiffres plutôt favorables aux accumulateurs. Ils correspondent à un débit de 2,6 ampères par kilogramme (en supposant égale à 1,9 volt la différence de potentiel aux bornes) et à une capacité de 15 ampères-heure par kilogramme; il faut rapprocher ces chiffres de ceux que nous avons donnés dans la première édition de ce livre (débit de 2 ampères, capacité de 15 ampères-heure) pour comprendre qu'un bien faible progrès a été accompli depuis les onze ans écoulés et pour n'escompter qu'avec prudence les progrès à venir, en ce qui touche du moins les accumulateurs au plomb.

Au régime de 5 watts par kilogramme, une *puissance électrique* de 1 cheval-vapeur, ou 736 watts, exigera un poids d'accumulateurs égal à 147 kg; à ce débit, l'énergie massique disponible étant supposée égale à 30 watts-heure, un *travail électrique* de 1 cheval-heure demandera 24 kg d'accumulateurs.

En tenant compte de la perte d'énergie due à la transfor-

mation de l'énergie électrique en énergie mécanique dans l'électromoteur, perte qu'on peut évaluer à 10 °/₀ environ, on obtiendra en nombres ronds les chiffres de 160 kg et 26 kg, qui représentent les poids d'accumulateurs nécessaires pour pouvoir développer une *puissance mécanique* de 1 cheval-vapeur, ou pour produire un *travail mécanique* de 1 cheval-heure.

Il résulte de la comparaison de ces deux chiffres que le poids d'accumulateurs correspondant à une puissance de 1 cheval peut produire un travail de 6 chevaux-heure, ou celui d'une puissance de 1 cheval pendant 6 heures.

Autrement dit, dans les conditions très favorables où nous nous sommes placés, lorsqu'une batterie d'accumulateurs aura été calculée pour développer exactement la puissance nécessaire à la propulsion d'un navire à la vitesse prévue, cette vitesse ne pourra être maintenue que pendant 6 heures. La durée du parcours ne pourra être augmentée que si la puissance de la batterie est supérieure à celle correspondant à la vitesse de marche, soit qu'on ait à cet effet embarqué une batterie bien plus puissante que celle qui était nécessaire pour produire la vitesse prévue, soit que la vitesse de marche soit inférieure à la vitesse pour laquelle l'installation a été calculée. Ainsi, pour marcher pendant 1 jour, il faut un poids d'accumulateurs quadruple de celui correspondant à la vitesse de marche, ce qui porte le poids d'accumulateurs par cheval à 640 kg au lieu de 160 kg. Pour marcher pendant 2 jours, il faudrait une batterie pesant 8 × 160 ou 1 280 kg par cheval de puissance nécessaire.

502. Navires de commerce. — On voit tout de suite combien la propulsion électrique est inférieure à la propulsion par la vapeur quand il s'agit de bateaux marchant régulièrement et continuellement à une vitesse voisine de celle pour laquelle ils ont été construits, comme font les bâtiments de commerce en général et les paquebots en particulier.

Alors que les accumulateurs et les moteurs électriques ont fait des progrès peu importants, au point de vue de la légèreté, les machines à vapeur en ont fait de très grands et actuellement voici les chiffres sur lesquels on peut compter pour les appareils propulseurs à vapeur des navires :

85 kg par cheval, pour les appareils moteurs des cuirassés ;

75 kg par cheval, pour ceux des croiseurs rapides ;

20 kg par cheval, pour ceux des torpilleurs ; pour ces petits bâtiments, on est même descendu parfois à 16 kg par cheval.

Les poids ci-dessus comprennent l'*appareil moteur complet :* chaudières, machines, propulseurs et lignes d'arbres, appareils de servitude (pompes), accessoires et eau.

Pour les navires de commerce, les paquebots, par exemple, nous pourrons adopter le chiffre correspondant aux croiseurs, 75 kg par cheval. Pour réaliser une certaine vitesse, si la puissance nécessaire est P chevaux-vapeur, l'ensemble de l'appareil moteur pèsera $P \times 75$ kg.

Les moteurs électriques pèsent 30 kg par cheval utile développé ; comme nous avons vu que la batterie d'accumulateurs pèse au minimum 160 kg par cheval, l'ensemble de la machinerie électrique pèsera au minimum 190 kg par cheval. Avec les conducteurs, les lignes d'arbres et les propulseurs, on pourra compter au moins 200 kg par cheval.

Donc, pour une même puissance développée P, le poids des appareils électriques sera $P \times 200$ kg, c'est-à-dire plus de deux fois et demie plus grand que celui des appareils à vapeur.

Avec ce poids deux fois et demie plus grand, la propulsion électrique ne pourra durer, à la vitesse prévue, que 6 heures ; or, 1 kg de charbon peut toujours produire un travail de 1 cheval pendant 1 heure et par conséquent la différence entre les poids $P \times 200$ et $P \times 75$, c'est-à-dire $P \times 125$ kg, étant compensée par le charbon embarqué sur le bateau à vapeur, celui-ci pourrait produire un travail

de P × 125 chevaux-heure, c'est-à-dire développer la puissance P et la vitesse correspondante pendant 125 heures.

Ainsi, quand le poids du charbon embarqué sur le bateau à vapeur, ajouté au poids des machines et des chaudières, donne un total égal au poids des accumulateurs et des électromoteurs du navire électrique, alors que ce dernier ne peut maintenir sa vitesse que pendant 6 heures, le bateau à vapeur peut naviguer 125 heures, c'est-à-dire 21 fois plus longtemps.

503. — La différence s'accuse encore davantage si l'on veut augmenter la durée du parcours pour le bateau électrique. Comme nous l'avons dit, pour permettre à celui-ci de naviguer pendant 24 heures, il faut approximativement quadrupler le poids d'accumulateurs embarqués, le poids des électromoteurs restant le même, de sorte que pour une vitesse correspondant à une puissance de P chevaux, le poids total de la machinerie électrique sera

$$4P \times 160 + P \times 30 = P \times 670 \text{ kg}.$$

Le poids de la machinerie à vapeur restant P × 75, on peut embarquer sur ce dernier, pour équilibrer les poids, un poids de charbon de P × 595 kg, c'est-à-dire de quoi entretenir la puissance P pendant 595 heures, ou 24 jours 1/2.

504. — En réfléchissant un peu, on voit vite que ces résultats comparatifs n'ont rien d'extraordinaire.

Pour produire 1 cheval-heure en supplément du travail qu'est capable de produire déjà la batterie d'accumulateurs correspondant exactement à la puissance P, on est obligé d'augmenter le poids de la batterie de 26 kg. D'autre part, pour produire 1 cheval-heure sur le bateau à vapeur, il suffit d'embarquer 1 kg de charbon, c'est-à-dire un poids *vingt-six fois moindre*. De sorte que, si l'on voulait accroître encore le rayon d'action du navire électrique, on verrait que

le rayon d'action du bateau à vapeur tendrait, pour le même poids, à devenir 26 fois plus grand.

Il faut ajouter, pour être complet, que le poids de la batterie d'accumulateurs et des électromoteurs reste constant pendant toute la durée du parcours et qu'au contraire le poids embarqué sur le bateau à vapeur diminue de toute la quantité de charbon brûlé. La constance du poids peut être avantageuse dans certaines conditions de navigation, en particulier dans la navigation sous-marine, mais il n'est pas besoin d'insister sur les avantages d'une diminution de poids après un certain temps de navigation dans les cas les plus ordinaires.

505. — Pour bien montrer l'infériorité de la navigation électrique au moyen des accumulateurs, il n'est pas inutile de comparer le poids nécessaire pour réaliser une certaine puissance avec eux et le poids qu'on obtiendrait si on voulait employer des électromoteurs en fournissant le courant nécessaire au moyen de dynamos génératrices actionnées par des machines à vapeur.

Voici comment se répartissent les poids dans ce dernier système, par cheval développé :

Moteur électrique	30 kg
Dynamo génératrice, sa machine à vapeur et son condenseur	50
Circuits, lignes d'arbres, propulseurs . .	10
Chaudières et eau	30
Total. . . .	120 kg

Pour marcher pendant 6 heures, comme avec la machinerie électrique alimentée par les accumulateurs, on aurait besoin au plus de 8 kg de charbon par cheval, en comptant 1,3 kg de charbon par cheval et par heure, à cause des pertes par double transformation dans la dynamo et le moteur électrique. Par conséquent, le poids par cheval attein-

drait alors 128 kg, encore très inférieur au poids de 200 kg demandé par le système des accumulateurs.

Ainsi l'emploi des accumulateurs est tellement désavantageux, au point de vue poids, que la production du courant au moyen de dynamos actionnées par des machines à vapeur lui serait encore supérieure et cependant nous avons indiqué combien il est illogique de perdre ainsi bénévolement une partie importante de la puissance mécanique développée par la machine à vapeur, en la transformant en énergie électrique dans la dynamo génératrice, puis celle-ci en énergie mécanique dans l'électromoteur.

506. Navires de guerre. — L'infériorité de la propulsion électrique n'est pas moins évidente, si l'on considère le rayon d'action d'un navire construit pour une vitesse V, mais prenant comme vitesse de route une vitesse V′ bien inférieure. C'est le cas des croiseurs, avisos et torpilleurs qui n'utilisent la grande vitesse qu'ils peuvent développer que dans des occasions particulières, pour attaquer ou se défendre, et marchent le reste du temps à une vitesse réduite.

Il semble qu'alors la batterie d'accumulateurs, ayant été prévue pour la vitesse maximum, devra pouvoir alimenter l'électromoteur pendant un temps assez long à vitesse réduite, sans qu'on ait besoin de majorer le poids de la batterie. Cela est vrai ; mais, pour le bateau à vapeur aussi, le charbon embarqué permettra un parcours considérablement plus long à petite vitesse qu'à la vitesse maximum. Pour mieux préciser, prenons un exemple. Supposons un croiseur-torpilleur comme le croiseur anglais *Archer,* dont le déplacement est 1 630 tonneaux et qui, avec une puissance de machines de 3 500 chevaux, a donné une vitesse de 18,2 nœuds [1].

---

1. H. Buchard, *Torpilles et torpilleurs des nations étrangères*. Berger-Levrault et Cie. 1889.

Ce croiseur renferme normalement dans ses soutes 325 tonnes de charbon et cet approvisionnement peut même être porté à 500 tonnes.

A la vitesse de 15 nœuds, il peut parcourir, avec sa provision normale de charbon, 2 500 milles et 7 000 milles à la vitesse de 10 nœuds.

Nous ne possédons pas les chiffres relatifs aux poids des chaudières et des machines à vapeur de ce bateau, mais nous serons certainement au-dessus de la vérité en supposant 75 kg par cheval, chaudières et machines réunies.

En partant de la puissance de 3 500 chevaux pour une vitesse de 18,2 nœuds, nous pouvons approximativement admettre une puissance de 1 800 chevaux pour 15 nœuds et de 600 chevaux pour 10 nœuds. Ces chiffres peuvent s'écarter de la vérité de 20 °/₀ peut-être, mais la comparaison entre la propulsion par la vapeur et la propulsion électrique nous conduira à des chiffres si différents que les conclusions ne peuvent être altérées par l'erreur possible de nos évaluations.

En partant de ces données et en prenant toujours 190 kg comme poids nécessaire pour obtenir la puissance de 1 cheval dans le cas de la propulsion électrique, le poids des accumulateurs étant 160 kg et celui du moteur 30 kg, nous voyons d'abord que pour réaliser la puissance maximum de 3 500 chevaux correspondant à la vitesse de 18,2 nœuds, il faudra mettre à bord une batterie d'accumulateurs de 560 tonnes et un électromoteur de 105 tonnes, soit au total au moins 665 tonnes; le poids des machines à vapeur et des chaudières n'atteint certainement pas 265 tonnes; avec l'approvisionnement de charbon, on a donc un poids inférieur à 590 tonnes.

Il en résulte donc tout d'abord une grande infériorité de l'électricité sur la vapeur au point de vue des poids embarqués. Comparons maintenant les rayons d'action.

Une batterie d'accumulateurs de 560 tonnes peut produire, à raison de 26 kg le cheval-heure, un travail de

21 534 chevaux-heure; comme la vitesse de 15 nœuds réclame une puissance de 1 800 chevaux, la durée du parcours à 15 nœuds pourra être de 11,9 heures, ce qui correspond à une distance parcourue de 170 milles seulement, au lieu des 2 500 milles obtenus avec la vapeur.

A la vitesse de 10 nœuds, la puissance étant seulement de 600 chevaux, la durée du parcours que pourra produire la batterie d'accumulateurs sera portée à 35,9 heures et la distance parcourue à 359 milles, nombre hors de proportion avec les 7 000 milles obtenus avec la vapeur.

507. — La différence s'accroîtra encore, si on embarque, d'une part, sur le bateau à vapeur les 175 tonnes de charbon en supplément d'approvisionnement que l'on peut y mettre, et, d'autre part, si on suppose le poids de la batterie d'accumulateurs accru de 175 tonnes, toujours pour la raison que nous avons donnée, que 1 kg de charbon développe au moins 1 cheval-heure et que 1 kg d'accumulateurs donne au plus $\frac{1}{26}$ de cheval-heure.

Si l'on voulait réaliser un parcours de 7 000 milles à 10 nœuds avec l'électricité, puisque la puissance nécessaire est de 600 chevaux et que chaque mille parcouru correspond dès lors à un travail de $\frac{1}{10} \times 600$ ou 60 chevaux-heure, il faudrait que la batterie d'accumulateurs pût produire un travail total de $60 \times 7\,000$ ou 420 000 chevaux-heure. En comptant toujours 26 kg par cheval-heure, le poids de la batterie devrait être porté à $420\,000 \times 26$ kg ou plus de 10 000 tonnes. Ce chiffre véritablement fantastique montre combien la propulsion électrique par accumulateurs est encore loin de pouvoir prétendre à la haute navigation.

508. — Si l'on s'en tient même aux petits navires tels que les torpilleurs, il n'est pas difficile de voir que la vapeur reste de beaucoup supérieure à l'électricité.

Considérons, par exemple, un torpilleur de 80 tonneaux dont les caractéristiques seraient les suivantes :

Longueur	36	m
Largeur	4	m
Surface immergée du maître-couple	3,37	m^2
Déplacement	80	tonnes
Charbon	20	tonnes
Eau	7	tonnes
Vitesse maximum	21	nœuds
Puissance maximum de la machine	900	chevaux-vapeur
Poids de la machine	12,3	tonnes
Poids de la chaudière vide	11,3	tonnes
Poids de l'eau de la chaudière	4,7	tonnes

Pour obtenir électriquement la vitesse de 21 nœuds, c'est-à-dire pour développer une puissance de 900 chevaux, il faudrait, à raison de 160 kg par cheval, une batterie d'accumulateurs de 144 tonnes et un moteur électrique de 27 tonnes, en comptant toujours 30 kg par cheval.

Avec ce poids énorme de 171 tonnes pour l'appareil moteur, bien supérieur au déplacement, le bateau électrique ne pourrait cependant maintenir la vitesse maximum que pendant 6 heures, alors que les 20 tonneaux de charbon embarqués sur le bateau à vapeur permettraient de maintenir la vitesse maximum pendant 22 heures environ, puisque la consommation de charbon, même pour ces vitesses considérables, ne dépasse guère 1 kg par cheval et par heure.

A la vitesse de 12 nœuds, la consommation de charbon par cheval-heure n'est plus que 0,650 kg ; avec la puissance correspondante d'environ 120 chevaux, la vitesse de 12 nœuds pourrait être maintenue pendant environ

250 heures. La batterie d'accumulateurs de 144 tonnes ne pourrait entretenir cette puissance de 120 chevaux et la vitesse correspondante de 12 nœuds que pendant 46 heures au plus, en comptant toujours 26 kg par cheval-heure.

Des exemples empruntés aux croiseurs très rapides actuels ou aux torpilleurs récents à très grande vitesse feraient encore mieux ressortir l'infériorité de la propulsion électrique par accumulateurs.

509. — Il ne faut pas oublier, et ceci est applicable à tous les navires, que, si le bateau à vapeur consomme visiblement du charbon qu'il faut payer, la charge des accumulateurs en consomme bien davantage, comme nous l'avons montré (**480**), et que, d'autre part, la charge de la batterie nécessaire à un navire d'un tonnage même pas très élevé, tel que celui d'un torpilleur, exigerait un matériel à terre, en dynamos et machines à vapeur, d'une importance exagérée, dont le prix viendrait encore singulièrement accroître l'infériorité économique de l'emploi de l'électricité comme agent de propulsion.

510. Bateaux de plaisance. — L'importance du rayon d'action semble disparaître presque entièrement s'il s'agit de bateaux de plaisance, puisque la nécessité ne s'impose pas ici d'une manière absolue de pouvoir faire de longs voyages sans se réapprovisionner en énergie. Mais les bateaux *électriques* de plaisance ne peuvent cependant guère s'éloigner de leur port d'attache et entreprendre de longs voyages. En admettant même qu'il leur fût toujours possible de relâcher toutes les dix ou douze heures, pour recharger leurs accumulateurs, comme l'exigent les batteries dont on n'a pas voulu augmenter outre mesure le poids, il faudrait encore qu'ils fussent assurés de trouver aux points de relâche une station électrique génératrice de puissance suffisante, ce qui sera d'autant moins probable que le bateau sera plus

grand. On est, au contraire, assuré de trouver du charbon dans presque tous les ports. De sorte que si, en effet, pour les bateaux à vapeur de plaisance naviguant sur les côtes, il n'est pas indispensable que le nombre de milles parcourus sans relâche soit bien considérable, cela est nécessaire pour les bateaux électriques et c'est précisément pour ceux-ci qu'il est difficile, sinon impossible, d'avoir actuellement un grand rayon d'action, en raison du poids énorme d'accumulateurs qu'il faudrait alors embarquer.

511. — Par conséquent, la navigation électrique, qu'elle se fasse au moyen de piles ou au moyen d'accumulateurs, n'est possible, nous ne disons pas qu'elle est économique, même pour les navires d'un tonnage plus élevé que celui des embarcations, qu'ils soient navires de commerce, de guerre ou de plaisance, que dans une zone peu étendue autour du port d'attache.

L'emploi de l'électricité est très onéreux pour les bateaux un peu grands. Aussi la propulsion électrique reste-t-elle limitée aux petits bateaux faisant un service de plaisance ou de voyageurs sur des rivières ou lacs et dans des rades.

Navigation électrique sous-marine.

512. Généralités. — La rame, l'air comprimé, la vapeur réchauffée, les moteurs à pétrole ou à essence, le courant électrique enfin, ont été essayés pour la propulsion des bateaux sous-marins. Nous n'avons pas l'intention de comparer ici les divers modes de propulsion. Chaque système, en dehors, bien entendu, de la rame, a ses partisans, parce que chacun offre des avantages ; mais chacun présente aussi des inconvénients. Le départ des uns et des autres ne peut se faire qu'après l'examen des problèmes nombreux qui, en dehors de la propulsion proprement dite, doivent être réso-

lus, tels que la submersion, la navigation à une profondeur déterminée et constante et surtout la direction de la route dans le plan horizontal. On se heurte ici, en effet, à la grande difficulté, pour ne pas dire à l'impossibilité de voir dans l'eau, surtout si la surface est quelque peu agitée. Le bateau sous-marin, quand il navigue complètement immergé, est *un aveugle*. La seule méthode qui ait jusqu'à présent donné des résultats satisfaisants, au point de vue du contrôle de la route, c'est de naviguer ordinairement à fleur d'eau, ou à une faible profondeur, avec un observatoire émergeant de la surface, au moyen duquel le pilote, soit directement, soit par un système quelconque de miroirs, peut gouverner le bateau à la manière ordinaire ; puis, avant de plonger, de choisir une route rectiligne, que l'on maintiendra, après l'immersion complète, grâce à l'observation d'un compas d'un nouveau genre, le *gyroscope;* des retours successifs à la surface permettent de rectifier la route, ou d'en changer en connaissance de cause.

Cette manière d'opérer limite singulièrement la navigation sous-marine proprement dite. En réalité, les bateaux sous-marins actuels ne sont guère que des bateaux naviguant régulièrement à fleur d'eau et n'exécutant que de courts parcours sous l'eau, plus ou moins souvent répétés.

Les bateaux sous-marins ne sont que des bateaux *plongeurs* aux moments propices pour l'attaque ou la défense.

On comprend dès lors comment on a pu concevoir des bateaux à *propulsion mixte,* employant un agent ou un autre, suivant qu'ils naviguent sous l'eau ou à la surface.

513. Propulsion mixte. — La propulsion sous l'eau peut être demandée au courant électrique par des accumulateurs ; la caractéristique principale de ce système est que l'énergie est produite par la combustion du plomb négatif grâce à l'oxygène des oxydes formant les plaques positives, *les produits de la combustion restant entièrement dans l'appareil,* si bien qu'*aucun changement de poids ne se produit.*

C'est là une condition éminemment favorable pour la navigation sous l'eau à une profondeur déterminée.

Il ne faut pas oublier que l'absence de tout rayonnement calorifique est encore pour les accumulateurs une qualité précieuse. Si on ajoute que la manœuvre des électromoteurs s'opère sans aucune fatigue, ce qui n'est pas à dédaigner dans les conditions peu hygiéniques où se trouve l'équipage d'un bateau immergé, on voit que la propulsion électrique par accumulateurs présente des avantages considérables.

D'un autre côté, malheureusement, le poids considérable et l'encombrement des accumulateurs ne permettent pas d'obtenir facilement une grande vitesse ni un grand rayon d'action, ainsi que nous l'avons montré précédemment.

514. — Sous l'eau, la propulsion ne saurait, sans difficulté considérable, être demandée à une machine à vapeur ordinaire avec chaudière alimentée par un foyer à charbon; d'une part, il ne serait pas aisé d'entretenir la combustion et, d'autre part, le rayonnement de la chaleur du foyer et de la chaudière serait vite intolérable dans l'intérieur du petit navire complètement clos.

Un moteur à pétrole ou autre hydrocarbure peut plus aisément fonctionner dans un bateau immergé, puisqu'il peut être alimenté par de l'air ou de l'oxygène comprimé emmagasiné dans des réservoirs. Mais lorsqu'on établit une comparaison de poids ou d'encombrement avec les accumulateurs, il ne faut pas oublier précisément de tenir compte de ces réservoirs d'air comprimé ou d'oxygène; il faut aussi bien remarquer que les réservoirs d'hydrocarbure et d'air comprimé se videront peu à peu et que les résidus de la combustion ou devront être emmagasinés à nouveau dans d'autres réservoirs spéciaux, ou devront être évacués au dehors, malgré la pression extérieure, et alors avec perte continuelle de poids pour le sous-marin. Un moteur à hydrocarbure rayonne encore beaucoup de chaleur rendant pé-

nible le séjour dans le bateau fermé. Il faut aussi compter, surtout si l'hydrocarbure employé est une essence, avec les dangers d'empoisonnement ou d'explosion.

515. — La vapeur surchauffée et emmagasinée dans des réservoirs a été employée quelquefois à l'alimentation de moteurs à vapeur dans les bateaux immergés (*Nordenfelt*). Elle présente le désavantage d'entraîner, par refroidissement, une perte d'énergie qui peut être considérable si la durée de la navigation sous-marine n'est pas faible.

Des réservoirs d'air comprimé alimentant des moteurs à air comprimé ne sont pas sujets à une déperdition de ce genre, si on admet qu'on l'emploie froid ; on ne dépense plus avec lui d'énergie que pour marcher, comme d'ailleurs avec des accumulateurs électriques en bon état, au moins quand l'intervalle entre leur charge et leur décharge n'est pas trop considérable.

Toutefois il n'en faudrait pas conclure à une impossibilité de faire usage de la vapeur surchauffée, ni même à une infériorité absolue de ce mode de propulsion. Si cette vapeur n'est plus supposée réchauffée par la combustion à l'air libre de charbon ou d'autres combustibles analogues, elle peut parfaitement l'être sous l'eau par d'autres moyens : nous voulons parler des moyens chimiques ; rien n'empêche, *a priori*, d'employer dans ce but un mélange d'acide sulfurique, de sucre et de chaux, comme dans la torpille automobile Patrick, ou tout autre mélange analogue de corps produisant par leurs combinaisons une température élevée.

516. — La navigation à la surface utilisera de préférence, sur un bateau à propulsion mixte, le mode le plus économique et surtout celui qui permet le plus aisément d'obtenir une grande vitesse avec un grand rayon d'action, tout en n'entraînant pas de difficultés trop considérables pour la plongée. Il est évident, en effet, que c'est encore là un pro-

blème important à résoudre; lorsqu'on utilise en particulier pour la navigation à l'air libre une machine à vapeur alimentée par une chaudière, il faut, avant la plongée, éteindre le foyer, fermer les cheminées et, si possible, atténuer le rayonnement calorifique de la chaudière à vapeur.

L'attention doit aussi être portée sur la commodité des dispositifs permettant de passer rapidement du mode de propulsion à l'air libre au mode de propulsion utilisé sous l'eau.

517. — La machine à vapeur ordinaire, avec un foyer au charbon, permet de réaliser aisément n'importe quelle puissance et les rayons d'action qui découlent de son emploi sont satisfaisants. On est avec elle sur un terrain connu, éprouvé depuis longtemps et qui n'offre plus de surprises. Aussi est-ce à ces machines à vapeur ordinaires qu'on a tout d'abord demandé la propulsion des bateaux sous-marins lorsqu'ils naviguent à la surface et qu'on admet le principe de deux modes de propulsion différents.

518. — Puis, en raison des facilités offertes pour l'extinction des foyers, comme aussi de la commodité d'emmagasinement du combustible, on eut recours aux chaudières à vapeur *chauffées au pétrole*.

Enfin, pour supprimer complètement les chaudières, abréger les opérations de la plongée et faciliter le passage d'un mode de propulsion à l'autre, on eut recours aux moteurs à hydrocarbure, dans lesquels l'hydrocarbure est brûlé directement dans les cylindres de la machine, soit par explosion, soit par combustion progressive. Mais, étant données les puissances souvent considérables nécessaires, on est ici un peu dans l'inconnu. Comme inconvénients particuliers à ces moteurs à hydrocarbure, il faut signaler le bruit assourdissant parfois qu'ils produisent et le danger d'empoisonnement ou d'explosion dans un espace aussi restreint qu'un bateau sous-marin, qui est toujours presque

entièrement clos, même lorsqu'il navigue à la surface ou à fleur d'eau.

519. — Sur ces sous-marins à propulsion mixte, la navigation à la surface ou à fleur d'eau étant obtenue avec une machine à vapeur ou un moteur à hydrocarbure, on peut en même temps mettre en réserve une partie de l'énergie développée en chargeant, au moyen d'une dynamo génératrice, les accumulateurs électriques qui, pendant la marche sous l'eau, alimenteront la dynamo servant alors d'électromoteur pour la propulsion. On peut tout aussi bien comprimer de l'air dans des réservoirs, pendant les périodes d'émersion, et ces accumulateurs d'air comprimé entretiennent plus tard, sous l'eau, la marche d'un moteur à air comprimé qui peut d'ailleurs se confondre avec le moteur à vapeur servant à la surface.

520. — Nous avons dit aussi que de la vapeur d'eau peut être renfermée dans des réservoirs et entretenue à une température convenable par la combustion de charbon ou d'hydrocarbure pendant la marche à la surface, cette vapeur servant ensuite à alimenter la machine à vapeur pendant les plongées.

521. — Il y a ainsi des combinaisons très variées et il est impossible, dans une étude aussi succincte, d'établir une comparaison entre elles, si tant est qu'il soit aisé d'établir nettement une supériorité *générale* certaine d'un système sur les autres; des cas différents réclament souvent une combinaison différente.

Quoi qu'il en soit, le but qu'on se propose d'atteindre par cette propulsion mixte, c'est d'obtenir les avantages particuliers des modes de propulsion bien appropriés à la navigation sous l'eau, en même temps qu'on réalise un rayon d'action plus étendu par l'adoption, pour la navigation en surface, des modes de propulsion ordinaires.

C'est ainsi, par exemple, que l'association d'une machine à vapeur et d'une batterie d'accumulateurs avec électromoteur permet de naviguer immergé dans les conditions si favorables que procure la navigation électrique sous-marine avec accumulateurs et cependant donne la possibilité au bateau de se transporter, par navigation à la surface, en un point éloigné de son port d'attache, ce que les accumulateurs électriques seuls sont impuissants à réaliser. Il faut remarquer d'ailleurs que non seulement on accroît ainsi l'étendue du champ dans lequel le sous-marin peut se transporter pour exercer son action, mais que cette action elle-même peut se prolonger plus longtemps. En effet, les accumulateurs électriques peuvent, *à diverses reprises,* être rechargés par le moteur de surface, et la durée de leur décharge peut ainsi indirectement être doublée ou triplée. On comprend aussi qu'on peut encore utiliser cette facilité de rechargement pour adopter des accumulateurs d'un poids plus faible que l'on soumettra à un régime de décharge plus rapide.

522. Mode de propulsion unique. — A côté des bateaux à propulsion mixte, dont l'agent propulseur diffère, soit par sa nature, soit par son état, suivant que ces bateaux naviguent à la surface ou sous l'eau, on peut considérer des bateaux sous-marins qui n'utilisent qu'un seul mode de propulsion, quel que soit leur genre de navigation. C'est alors évidemment la navigation sous l'eau qui, en raison de ses exigences particulières, doit commander l'agent de propulsion. Bien entendu, la navigation électrique avec accumulateurs se présente ici encore avec les avantages considérables dont nous avons déjà fait plus haut l'énumération (**513**). Il va sans dire que le bateau sous-marin marchant constamment à l'électricité et empruntant son courant à des accumulateurs chargés au moyen d'une source laissée à terre sera bien plus simple que le bateau à propulsion mixte dont nous avons déjà parlé et qu'il sera

exempt en particulier de toute difficulté relative au passage d'un des modes de propulsion à l'autre.

Mais, comme le rayon d'action d'un tel bateau est forcément très restreint, on peut le compléter par l'addition d'un moteur à hydrocarbure, *qui ne sera pas utilisé pour la marche,* mais pourra être employé, en actionnant l'électromoteur comme génératrice, à recharger les accumulateurs électriques, lorsque le bateau se trouvera *au repos* dans quelque endroit éloigné de son port d'attache et de l'usine qui l'alimente ordinairement en énergie électrique.

Nous avons indiqué plus haut la possibilité d'employer pour la navigation sous-marine les moteurs à air comprimé et même la vapeur réchauffée par des mélanges chimiques; on peut concevoir des bateaux sous-marins naviguant à la surface comme sous l'eau par ces procédés. Mais ces agents ne conduisent pas, *a priori,* à un rayon d'action supérieur à celui obtenu par la navigation électrique avec accumulateurs et ils n'offrent aucun avantage particulier permettant de leur donner la préférence.

Restent donc les moteurs à hydrocarbure. Certainement leur emploi à la surface et sous l'eau permet d'atteindre des rayons d'action bien plus élevés qu'avec la navigation électrique exclusive. Mais il faut remarquer d'abord que si le moteur à hydrocarbure reste identique, pour la navigation à la surface et sous l'eau, son mode d'emploi change. A la surface, c'est l'atmosphère ambiante qui fournira l'air nécessaire au mélange combustible et l'évacuation des gaz résultant de cette combustion se fera sans difficulté. Sous l'eau, on devra avoir recours pour la combustion des hydrocarbures à de l'air comprimé, et les gaz résidus de la combustion devront être emmagasinés dans des réservoirs ou évacués par un système convenable. Il y aura donc des opérations à exécuter, en ce qui concerne le moteur, pour préparer la plongée. Nous avons signalé d'autre part le danger d'empoisonnement ou d'explosion entraîné par l'emploi des moteurs à hydrocarbure.

On voit, par l'exposé succinct que nous venons de faire, que la navigation électrique peut et doit tenir une large place en ce qui concerne les bateaux sous-marins, surtout si le rayon d'action nécessaire n'est pas grand.

523. Manœuvre des électromoteurs sur les bateaux sous-marins. — Nous avons indiqué quelle devait être la manœuvre très simple de l'électromoteur d'une embarcation électrique (**490**). Pour les bateaux sous-marins, la question est plus complexe. En effet, nous avons affaire ici à des bateaux d'un tonnage quelquefois élevé, atteignant plusieurs centaines de tonnes; les électromoteurs seront donc beaucoup plus puissants que pour une embarcation. D'ailleurs, si pour ces derniers la question d'économie était sans importance, il n'en peut être de même dans le cas présent, puisque toute déperdition inutile d'énergie entraîne une réduction du rayon d'action. Enfin un bateau sous-marin doit pouvoir prendre *plusieurs vitesses de route* et non plus seulement changer momentanément sa vitesse pour l'accostage, comme une embarcation. On devra donc avoir recours, pour la manœuvre des électromoteurs, aux divers moyens que nous avons étudiés en détail dans le premier volume de cet ouvrage.

Ainsi, en général, à moins que le sous-marin ne soit très petit, on emploie deux moteurs électriques dont les induits sont montés directement sur l'arbre de l'hélice; en accouplant en tension ou en quantité ces deux induits, on obtient déjà deux régimes de vitesse bien différents (**I, 312**). D'autre part, on peut diviser les accumulateurs embarqués sur le sous-marin en deux batteries que l'on peut aussi accoupler en tension ou en quantité, réalisant ainsi deux valeurs simple et double pour la force électromotrice de la source; en combinant le couplage des batteries d'accumulateurs avec le couplage des induits des moteurs, on aura trois régimes de vitesse bien distincts. En supposant par exemple 128 accumulateurs divisés en deux batteries et en

attribuant une valeur de 1,9 volt à la différence de potentiel moyenne pour un accumulateur, on aura le tableau suivant indiquant, dans chaque cas, la différence de potentiel à laquelle est soumis *un des induits :*

BATTERIES d'accumulateurs	INDUITS des moteurs	DIFFÉRENCE de potentiel à chaque induit
En tension.	En quantité.	243 volts.
En tension.	En tension.	122 —
En quantité.	En quantité.	122 —
En quantité.	En tension.	61 —

Les trois vitesses principales ainsi obtenues sont suffisantes dans la pratique comme vitesses de route. Pour la manœuvre du bateau, on pourra toujours faire usage d'un rhéostat de démarrage permettant d'obtenir momentanément des vitesses réduites, ce rhéostat de démarrage étant toujours nécessaire pour la mise en route.

Bien entendu, les combinaisons que nous venons d'indiquer ne sont pas impératives et on peut tout aussi bien, par exemple, attribuer une des batteries d'accumulateurs à chaque moteur ; on peut alors avoir deux ensembles restant toujours indépendants et pouvant se servir de rechanges mutuels. Lorsqu'on marche avec un seul moteur et la batterie qui lui est reliée, on marche à petite vitesse et on obtient la grande vitesse en actionnant simultanément les deux moteurs chacun avec leur batterie respective ; cette dernière vitesse est d'ailleurs la même que celle qu'on obtiendrait en couplant les moteurs en quantité, ainsi que les batteries.

524. — Les moteurs sont excités en dérivation et l'on doit prévoir un rhéostat d'excitation. Ce rhéostat est indispensable, d'abord pour permettre, lorsqu'il s'agit de

moteurs puissants, de préparer la rupture du circuit des inducteurs par l'introduction de résistances suffisantes, réduisant l'importance de l'extra-courant de rupture. Ensuite, dans bien des cas, il sera utile d'agir sur l'excitation de l'un des électromoteurs, par exemple lorsqu'ils sont couplés en quantité. Nous savons, en effet, que des électromoteurs semblables ne prennent le même courant dans l'induit, c'est-à-dire ne se partagent également la charge, qu'autant qu'ils développent la même force contre-électromotrice. Souvent la construction identique en apparence des deux électromoteurs ne suffit pas à les rendre identiques magnétiquement et lorsqu'ils sont couplés en quantité et soumis par suite à la même différence de potentiel, bien que leur montage sur le même arbre leur donne nécessairement la même vitesse, le courant qui les traverse peut être notablement différent. On égalisera alors les courants des deux induits, en augmentant l'excitation de celui des moteurs qui reçoit plus de courant, ou diminuant l'excitation de celui qui en reçoit moins, au moyen des rhéostats d'excitation. Il ne faut pas s'attacher, en effet, à rendre égaux les courants d'excitation, mais bien les courants dans les induits. Chacun des deux moteurs aura donc son rhéostat d'excitation particulier réglable séparément. Toutefois, pour la mise en marche et pour la rupture du circuit des inducteurs, on peut rendre solidaires les leviers de manœuvre des deux rhéostats, afin de gagner du temps.

525. — D'une manière générale, avec la réserve que nous venons de faire de l'égalisation des forces contre-électromotrices pendant la marche des moteurs couplés en quantité, il est avantageux d'avoir une forte excitation des inducteurs et il faut toujours n'agir qu'avec prudence dans le sens de la réduction de cette excitation. Ainsi, pour égaliser les forces électromotrices, il est meilleur d'augmenter la plus faible excitation que de diminuer la plus forte.

Pareillement, si l'on désire *augmenter* la vitesse en *dimi-*

nuant le flux inducteur, il ne faut le faire qu'avec beaucoup de modération. Il ne faut pas oublier, en effet, que même si le moment résistant est indépendant de la vitesse, à toute réduction du flux inducteur correspond une augmentation du courant dans l'induit. Si, comme il arrive pour les bateaux, le moment résistant augmente rapidement avec la vitesse, le courant dans l'induit augmente pour deux raisons, lorsqu'on obtient une accélération du mouvement à l'aide d'une réduction du flux inducteur : d'abord parce que le flux inducteur a diminué, ensuite parce que le moment résistant a augmenté. Or, quand l'électromoteur est alimenté par des accumulateurs, toute augmentation du courant débité se traduit par une diminution parfois considérable de la capacité et par suite du rayon d'action déjà si faible. Si l'on ne change pas le mode de couplage des accumulateurs, et nous supposons qu'il en est ainsi en ce qui concerne le point en discussion, quoi qu'on fasse, une marche plus rapide exigera un débit plus intense des accumulateurs, en raison de l'augmentation du moment résistant. Mais précisément, puisque ce débit est déjà augmenté inévitablement, il faut écarter toute cause d'augmentation supplémentaire non indispensable, comme celle qui résulte d'un affaiblissement du flux inducteur. A égalité de vitesse, l'intensité débitée par les accumulateurs est plus grande avec un champ inducteur faible et il vaut mieux éviter de rechercher l'accélération de la vitesse dans la diminution du flux inducteur.

526. — Il ne faut pas oublier non plus que toute augmentation du courant dans l'induit augmente la tendance aux étincelles aux balais par suite de l'accroissement du flux transversal. Si cette augmentation du courant dans l'induit coïncide avec une réduction du flux inducteur, l'effet précédent ne peut qu'être encore accru. Il semble logique, au contraire, d'accroître le flux inducteur à mesure que le courant dans l'induit augmente consécutivement à l'accélération de la vitesse, l'accroissement de la vitesse ayant été obtenu

d'ailleurs par un autre procédé que le changement d'excitation.

527. — Si l'on réfléchit d'ailleurs que l'augmentation de débit des accumulateurs entraîne forcément une diminution de la différence de potentiel qu'ils donnent aux balais des induits, on voit que l'effet d'accélération qu'on veut produire par la réduction du flux inducteur est contrarié. Il peut même arriver tel cas où l'augmentation de vitesse qu'on prétend obtenir se change rapidement en une diminution. Voici par exemple comment cela peut se présenter. Supposons un bateau sous-marin naviguant déjà depuis quelque temps et dont les accumulateurs sont par suite presque déchargés. L'affaiblissement de la différence de potentiel de la source entraîne une diminution de la vitesse et nous supposons que pour faire remonter celle-ci on diminue l'excitation des inducteurs en augmentant la résistance de leur circuit. Momentanément la vitesse augmente, en effet ; mais l'accroissement du débit qui en résulte achève d'épuiser les accumulateurs, d'où une nouvelle baisse importante de la différence de potentiel à l'induit de l'électromoteur et une réduction de la vitesse qui peut être assez importante pour annuler complètement l'effet d'accroissement qu'on a obtenu pendant un moment et même amener la vitesse à une valeur inférieure à celle dont on est parti. Que si, pour combattre cet effet, on persiste à diminuer le flux inducteur, le phénomène ne fera souvent que s'exagérer, d'autant plus que nous savons qu'au delà d'une certaine limite une réduction du flux inducteur entraîne une réduction de la vitesse (**I, 289**).

528. — Il résulte de ce qui précède que, sans écarter d'une manière absolue le procédé d'augmentation de la vitesse par diminution du flux inducteur, il ne faut l'employer qu'avec beaucoup de prudence et de discernement, sous peine de mal utiliser l'énergie disponible dans les accumu-

lateurs. Dans tous les cas, il est recommandable de ne le faire que lorsque la batterie d'accumulateurs est encore loin de la fin de la décharge et que les inducteurs ont une excitation tout au moins égale à la valeur normale, ce dont on peut s'assurer par l'inspection d'un ampèremètre placé dans leur circuit.

Si la batterie d'accumulateurs faiblit, si les inducteurs ont déjà une excitation faible, il vaut mieux éviter d'avoir recours à un procédé qui peut être illusoire et entraîne toujours des inconvénients.

Il est bon de prévoir pour l'électromoteur un inducteur qui ait son excitation normale avec une portion du rhéostat de champ en circuit, de telle sorte que, en cas de baisse de voltage des accumulateurs, on puisse toujours, en *réduisant* la résistance du rhéostat, *augmenter* l'excitation et lui redonner ainsi la valeur normale. A moins de circonstances particulières, c'est ce qu'il convient de faire en particulier lorsque la batterie d'accumulateurs et les électromoteurs sont associés pour la plus grande vitesse et que le débit devient alors le plus grand. Bien qu'il soit certain qu'en accroissant le flux inducteur on perdra quelque peu en vitesse, il ne faut pas oublier qu'un accroissement du flux inducteur entraîne une réduction de même importance relative du courant débité par les accumulateurs, ce qui accroît d'une manière fort appréciable la durée de la décharge à grande vitesse. En augmentant de 1 à 2 ampères le courant inducteur, on peut ainsi réduire le courant dans l'induit de 50 ampères, par exemple, ce qui n'est pas à dédaigner lorsque le débit est déjà peut-être exagéré.

Dans cet ordre d'idées, il peut être avantageux de prévoir pour les électromoteurs une excitation compound, le gros fil inducteur n'entrant en fonction que lorsque, l'intensité débitée par la batterie étant considérable (à grande vitesse), la différence de potentiel entretenue par cette batterie s'affaiblit. Il est certain qu'on diminuera un peu la vitesse en mettant en action le compoundage ; mais le renforcement

ainsi obtenu du champ inducteur, trop réduit par l'affaiblissement de la batterie d'accumulateurs, sera souvent une excellente pratique.

529. — Pour bien montrer que nous ne condamnons pas l'emploi du rhéostat d'excitation d'une manière absolue, nous dirons que presque tous les inconvénients de son emploi disparaissent lorsqu'on s'en sert au moment où le bateau marche *volontairement* à faible vitesse, parce que, par exemple, on a choisi un couplage des accumulateurs et des moteurs correspondant à un faible régime de marche; les accumulateurs en bon état débitent alors un courant faible relativement à celui qu'ils peuvent normalement supporter et, d'autre part, les moteurs reçoivent aussi un faible courant comparé à celui pour lequel ils sont établis.

Dans ce cas, la différence de potentiel entretenue par la batterie d'accumulateurs est supérieure à la moyenne; l'excitation des inducteurs est alors satisfaisante et plutôt forte en général. Il n'y a pas d'inconvénient, dans ces conditions, à la réduire pour accélérer un peu la vitesse et obtenir pour celle-ci une valeur déterminée. Le courant dans l'induit de l'électromoteur augmente, mais il reste néanmoins plus faible que celui pour lequel le moteur est normalement construit; d'autre part, le débit des accumulateurs reste très inférieur au débit maximum pour lequel ils sont établis et ils conservent une grande capacité.

Ainsi, il est très logique d'avoir recours au rhéostat d'excitation pour augmenter la vitesse quand le régime de marche choisi est faible. Malheureusement, on a plutôt une tendance à y avoir recours lorsqu'on marche à grande vitesse et que, la batterie d'accumulateurs se fatiguant à un régime forcé, la vitesse n'atteint pas ou ne conserve pas la valeur maximum qu'on avait espéré obtenir; c'est dans ce dernier cas qu'il faut prendre garde de diminuer l'excitation sans nécessité et surtout avec exagération.

530. — L'inversion du sens de la marche d'un sous-marin électrique peut être obtenue à l'aide d'un inverseur de courant agissant sur l'induit, comme pour les autres applications que nous avons examinées. On peut aussi employer une *hélice réversible*, l'électromoteur tournant alors toujours dans le même sens.

CHAPITRE X

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE DANS LES ATELIERS

531. Généralités. — Il existe aujourd'hui de nombreuses applications du courant électrique pour la distribution de l'énergie mécanique dans les ateliers, et cet emploi du courant électrique est des mieux justifiés, bien que la faible distance à laquelle se fait, en général, la transmission, pour cette application particulière, semble, *a priori,* enlever au courant électrique sa cause principale de supériorité sur les autres modes de transmission.

Il est certain, en effet, que si toutes les machines-outils d'un atelier devaient constamment être actionnées simultanément, leur commande par câbles télodynamiques et par courroies pourrait donner un rendement élevé, plus grand peut-être que celui obtenu en faisant subir à l'énergie deux transformations successives, d'abord dans une dynamo génératrice, puis dans des électromoteurs actionnant les machines-outils.

Mais, d'une manière générale, le fonctionnement des outils d'un atelier est essentiellement variable et intermittent. Dans ces conditions, si la transmission se fait à partir d'une machine à vapeur centrale par arbres et courroies, on dépense en pure perte, pendant les périodes de repos des outils, la puissance assez considérable nécessaire pour faire tourner à vide les arbres de transmission qui portent les poulies de commande, et le rendement s'abaisse à un taux presque toujours inférieur à 50 %.

D'un autre côté, les organes de transmissions mécaniques

directes sont pesants; ils déterminent des vibrations et des tractions; d'où la nécessité de constructions très solides pour les supporter.

Les machines-outils commandées par arbres et courroies occupent fatalement une position déterminée et fixe, et il faut amener près d'elles les pièces à travailler, ce qui entraîne des pertes de temps et d'argent assez importantes, si elles sont lourdes.

Enfin, dans les ateliers un peu importants et qui comprennent un certain nombre de bâtiments distincts, la transmission mécanique directe d'un bâtiment à l'autre, à partir d'une machine à vapeur unique centrale, peut présenter des difficultés ou des inconvénients assez grands pour qu'on soit obligé d'installer plusieurs machines à vapeur distinctes, génératrices de l'énergie mécanique, réparties en divers endroits, ce qui augmente les frais d'installation et de personnel.

A ces divers points de vue, l'emploi de l'électricité est avantageux. On peut ici, dans tous les cas, quelle que soit l'étendue de l'usine, installer une station génératrice centrale comprenant une machine à vapeur et une ou plusieurs dynamos. Le courant produit par cette dynamo génératrice se répartit dans toute l'usine par le système de distribution en dérivation, généralement, et alimente les divers électromoteurs qui actionnent les machines-outils. Les câbles électriques sont d'un poids bien plus faible que les arbres de transmission; ils sont flexibles, se prêtent aux dénivellations et n'exigent donc que des constructions légères.

Les électromoteurs ne sont mis en marche qu'au moment du besoin; ils ne consomment rien pendant les périodes de repos, non plus que les câbles qui les alimentent; ils consomment constamment une quantité d'énergie proportionnée au travail qu'ils effectuent. La légèreté relative des électromoteurs, la flexibilité des câbles électriques, la possibilité de prendre le courant en divers points du réseau de conducteurs des ateliers permettent presque toujours d'amener

l'outil près de la pièce à travailler, lorsque celle-ci est pesante ; à cet avantage se joint celui non moins précieux souvent de pouvoir placer le moteur électrique dans toutes sortes de positions.

N'oublions pas d'ajouter que l'emploi du courant électrique pour la distribution de l'énergie mécanique permet en même temps, sans grande dépense supplémentaire, l'éclairage électrique.

532. — Nous avons supposé, dans ce qui précède, que la dynamo génératrice centrale distribuait directement l'énergie aux divers électromoteurs actionnant les machines-outils de l'atelier. Mais on peut concevoir une distribution d'énergie moins étendue, moins détaillée. La station génératrice G distribue, par exemple, le courant à un certain nombre de postes récepteurs A, B, C, D, répartis dans divers locaux. A chacun de ces postes, un électromoteur actionné par le courant distribué entraîne un ou plusieurs arbres de transmission qui commandent, par des poulies et des courroies, les diverses machines-outils groupées dans le voisinage.

On voit qu'alors les transmissions doivent toujours être en mouvement, ainsi que les électromoteurs qui les entraînent, même pendant les périodes de repos d'un certain nombre d'outils, comme cela avait lieu avec des transmissions purement mécaniques. On ne bénéficie pas de l'économie d'énergie que peut donner l'emploi exclusif de l'électricité.

Voici, par exemple, dans quelles circonstances on peut être amené à employer le mode de distribution que nous venons d'indiquer et que nous pouvons qualifier de *mixte*.

Dans une usine, occupant des bâtiments assez espacés, la puissance mécanique est produite par un certain nombre de machines à vapeur placées çà et là avec leurs chaudières respectives ; chacune de ces machines commande un arbre de transmission qui communique le mouvement à un certain

nombre d'outils ou d'appareils quelconques. On veut, pour réaliser une économie, réunir en même lieu et dans une même machine à vapeur toute la puissance motrice de l'usine et faire alors usage de la transmission électrique; mais pour ne pas avoir à modifier complètement tout l'outillage en adaptant à chaque outil un électromoteur, ce qui demanderait temps et argent, on remplace tout simplement chacune des machines à vapeur commandant les transmissions par un électromoteur attelé sur le même arbre de transmissions conservé, les électromoteurs étant tous reliés, comme nous l'avons dit, à une station centrale génératrice actionnée par une machine à vapeur unique dont la puissance sera, bien entendu, au moins égale à la somme des puissances que développaient les machines à vapeur séparées.

On voit tout de suite qu'une pareille transformation peut se préparer tout à loisir et pendant que les anciennes machines à vapeur continuent à produire la force motrice. On peut aller jusqu'à relier l'arbre de transmissions à commander avec l'électromoteur correspondant sans amener d'arrêt anormal dans le fonctionnement de l'usine et, quand tout est prêt, il suffit de débieller les machines à vapeur et de lancer le courant dans les électromoteurs pour opérer la substitution. Un accident, une avarie viennent-ils à se produire dans la nouvelle installation, et rien n'est moins étonnant dans une période de début qui sert en même temps de période d'essais, il est toujours facile de remettre en service les anciennes machines à vapeur, pendant le temps nécessaire aux réparations ou rectifications.

La dynamo génératrice de la station centrale pourra d'ailleurs toujours alimenter l'éclairage électrique en même temps que la transmission d'énergie mécanique et même fournir le courant nécessaire à un certain nombre de petites machines-outils actionnées électriquement, amovibles ou situées dans des locaux où n'existaient auparavant aucune transmission.

Nous allons successivement indiquer quelques exemples de commande de machines-outils par des électromoteurs et décrire une installation de transmissions électriques complète.

533. Tours, machines à percer, étau-limeur, coupe-tubes. — La figure 126 représente schématiquement

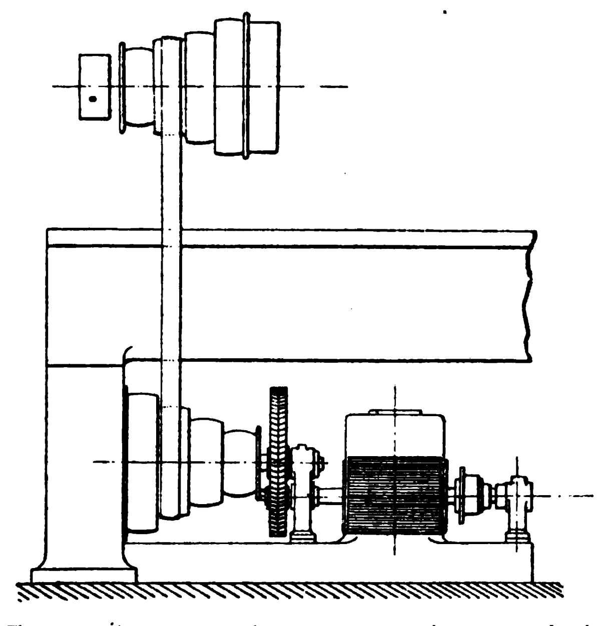


Fig. 126. — Électromoteur actionnant un tour par pignon et roue dentés.

ment un tour commandé par un électromoteur du type à mâchoires. L'axe du moteur électrique entraîne, par un pignon et une roue chevronnés, l'axe du cône d'entraînement ordinaire.

On peut aussi (*fig. 127*) actionner directement, par une poulie montée sur l'axe de l'électromoteur et une courroie, la poulie de commande du tour.

Dans la figure 128, on peut voir un électromoteur monté

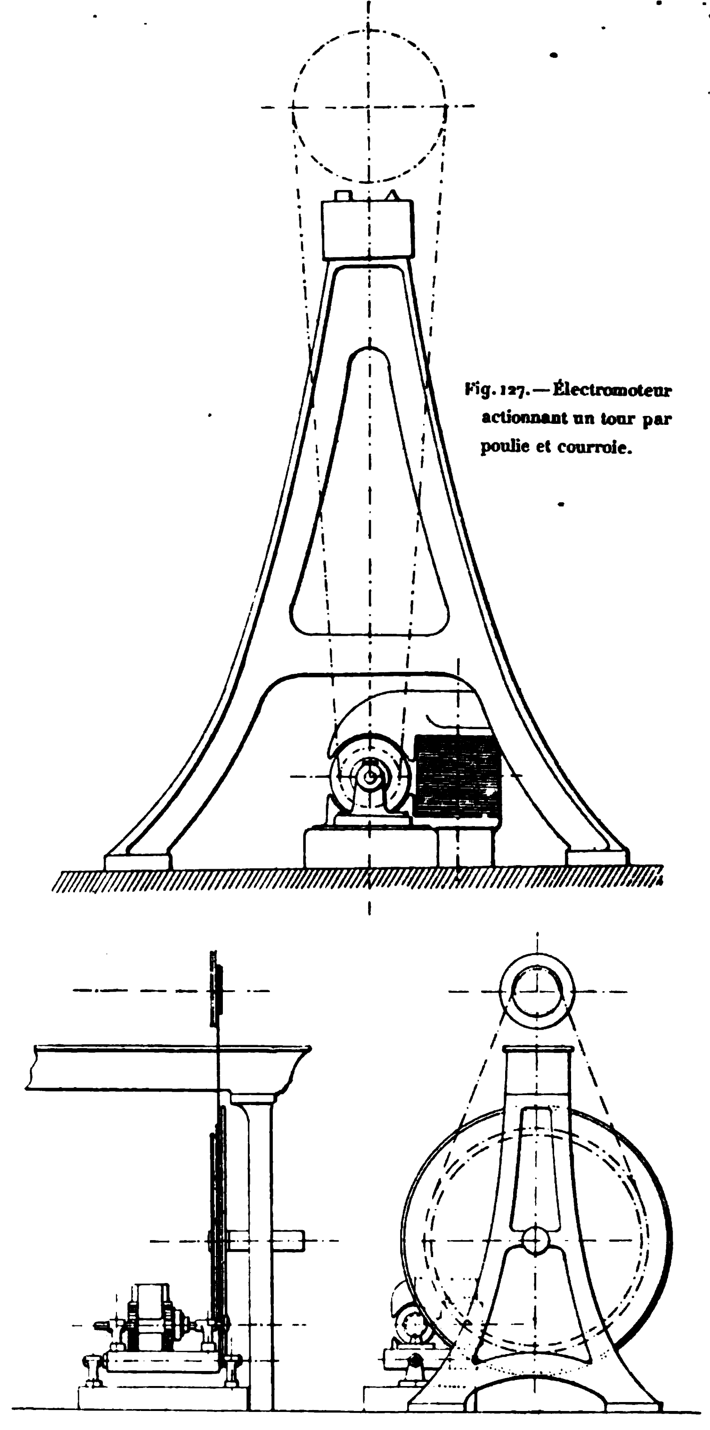


Fig. 127. — Électromoteur actionnant un tour par poulie et courroie.

Fig. 128. — Électromoteur actionnant un tour par galet de friction.

sur un axe et appuyant par une petite poulie de friction sur la roue-volant ordinaire d'un tour.

La commande des tours se fait commodément par les moteurs à vitesse variable de la maison *Couffinhal* (**64**). La figure 129 montre un tour ainsi actionné.

La simple manœuvre d'un volant permet, en agissant sur l'entrefer, de modifier *graduellement* la vitesse dans des

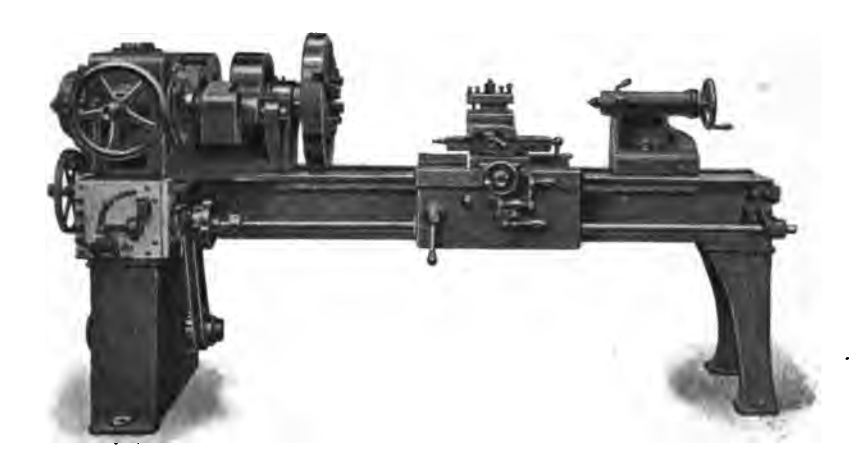


Fig. 129. — Tour à commande directe par électromoteur à vitesse variable, système *Couffinhal*.

limites assez larges et on peut ainsi donner commodément la vitesse la plus convenable pour le travail particulier en exécution.

Bien entendu, si l'on désire qu'un même tour puisse être utilisé avec des vitesses extrêmement variables, on emploie, pour la transmission, plusieurs harnais d'engrenages, et la combinaison des vitesses principales ainsi obtenues avec les vitesses intermédiaires données par la manœuvre du volant commandant l'entrefer permet d'avoir des vitesses

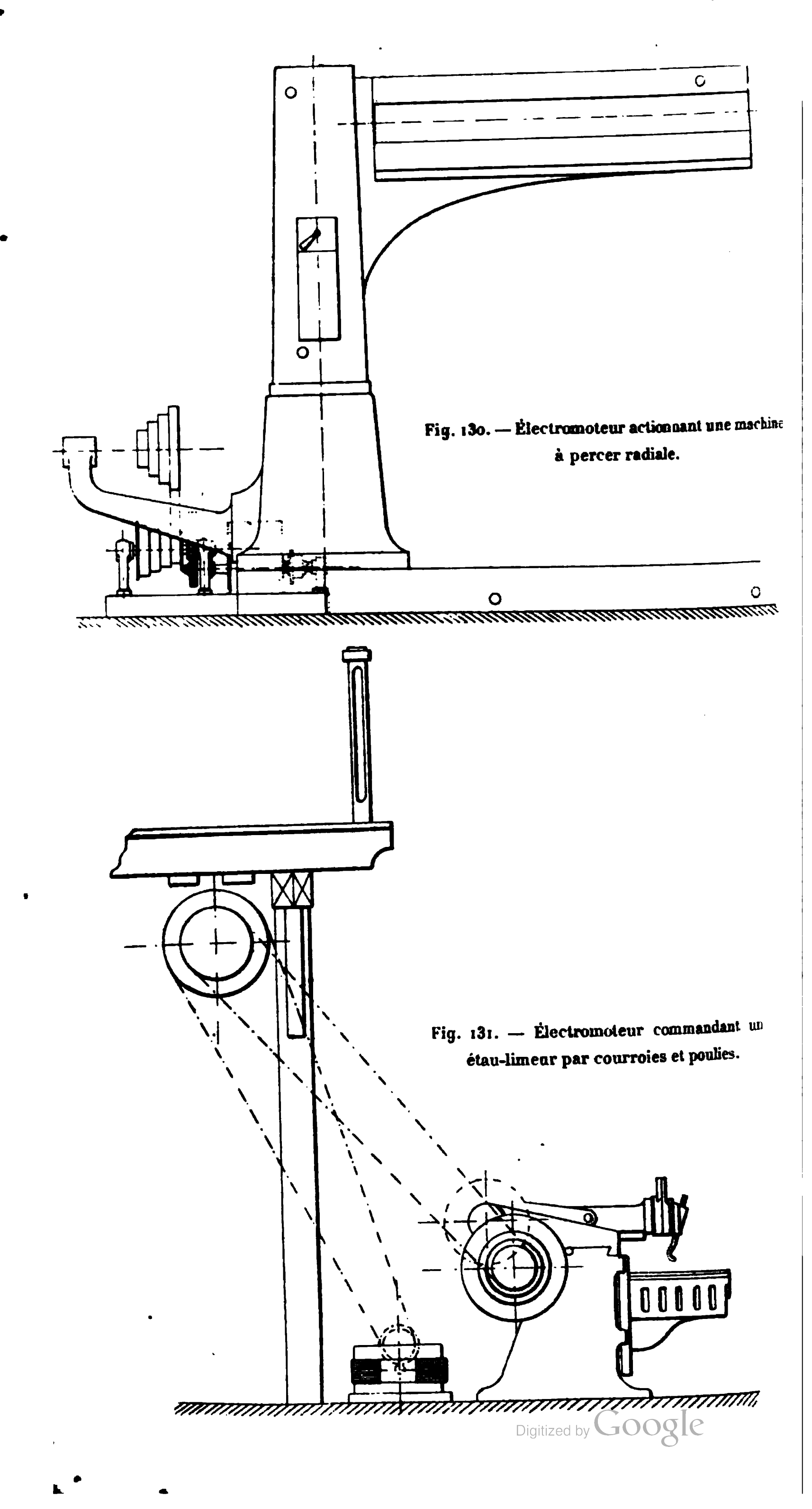


Fig. 130. — Électromoteur actionnant une machine à percer radiale.

Fig. 131. — Électromoteur commandant un étau-limeur par courroies et poulies.

de un à vingt-cinq par exemple, d'une manière presque continue.

On voit sur la figure le rhéostat de démarrage, complété par un disjoncteur automatique, provoquant l'arrêt en cas de surcharge ; l'arrêt est instantané par suite de la mise en court-circuit de l'induit.

Dans la machine à percer radiale représentée par la figure 130, l'axe de l'électromoteur entraîne par pignon et roue dentée le cône de commande.

La figure 131 représente un étau-limeur actionné par un électromoteur avec transmission par poulies.

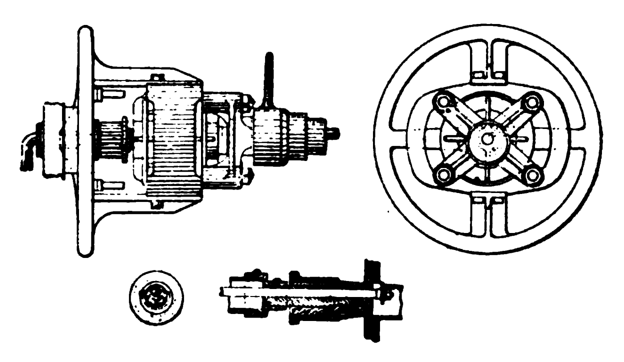


Fig. 132. — Scie actionnée électriquement pour couper les tubes de chaudières.

Nous donnons encore, dans la figure 132, la représentation schématique d'un électromoteur actionnant une petite scie circulaire destinée à couper les tubes de cuivre des chaudières ; il a été combiné par M. Jenkin [1].

La scie est, à cet effet, introduite dans l'intérieur du tube. Son axe est monté dans un manchon excentré par rapport à un second manchon, au moyen duquel on fixe l'outil à l'intérieur du tube à couper.

Après l'introduction de la scie dans le tube, on fait tourner le manchon porte-scie de 180° dans un sens, puis dans

1. *La Lumière électrique*, t. 43, p. 66.

l'autre, afin d'excentrer la scie et de la faire appuyer successivement sur toute la périphérie du tube.

La scie est centrée pour l'introduction ou la sortie.

Les inducteurs sont constitués par deux électro-aimants excités en série et portant chacun 190 tours de fil de 2 mm de diamètre ; la résistance de l'ensemble est 0,44 ohm.

L'induit, un anneau Gramme, a 127 mm de diamètre, 76 mm de long ; il est percé d'un trou de 76 mm de diamètre ; il porte 840 tours d'un fil de 1 mm ; sa résistance est 0,96 ohm.

Ce moteur a donné à 150 volts, pour une vitesse de 2 600 tours, 2,5 chevaux ; l'ensemble de l'outil pèse 30 kg environ.

534. Perceuses amovibles. — Une des machines-outils pour lesquelles l'emploi de l'électricité est le plus fréquemment mis à contribution, est la perceuse amovible. Dans les chantiers de constructions navales, en particulier, la perceuse électrique est commodément employée pour percer les trous innombrables des tôles d'un navire. Une distribution de courant par fils volants, branchée sur une canalisation électrique fixe, alimentée par une génératrice placée en un point convenable des ateliers, permet d'actionner en même temps un grand nombre de perceuses et de les transporter d'un point à un autre du navire.

En dehors du type particulier de l'électromoteur employé, les perceuses électriques peuvent différer par le mode de transmission du mouvement de l'induit au foret, et aussi par le mode de fixation de l'outil sur la pièce à percer. Nous allons décrire succinctement quelques types de perceuses.

535. Perceuse Jenkin. — Dans la perceuse Jenkin (*fig. 133*), l'induit est un anneau Gramme de 100 mm de diamètre et de 20 mm de longueur, percé d'un trou de 75 mm de diamètre. Les inducteurs sont formés par deux

électro-aimants parallèles à masses polaires embrassant l'anneau.

Le mouvement de l'induit est transmis par une vis sans

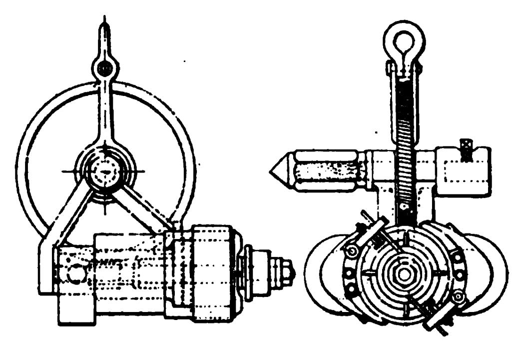


Fig. 133. — Perceuse électrique amovible de *Jenkin*.

fin à une grande roue dentée sur l'axe de laquelle est fixé le foret. La vitesse est ainsi réduite dans le rapport de 50 à 1 ;

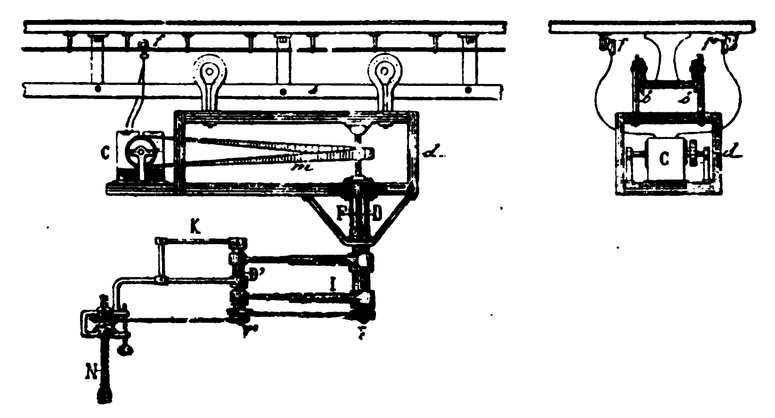


Fig. 134. — Perceuse électrique *Weyburn*, se déplaçant sur rails.

elle passe ainsi de 3 000 tours environ pour l'induit à 60 tours pour le foret.

Cette perceuse peut être suspendue, comme l'indique la figure ; le poids total, avec la transmission, est de 26 kg.

Aux essais, on a pu percer en 45 secondes un trou de

20 mm de profondeur, avec un foret de 20 mm de diamètre ; la puissance électrique absorbée était de 0,732 cheval, pour une différence de potentiel aux bornes de 50 volts et une intensité de 10,92 ampères. Dans ces conditions, le rendement industriel total était égal à 0,34.

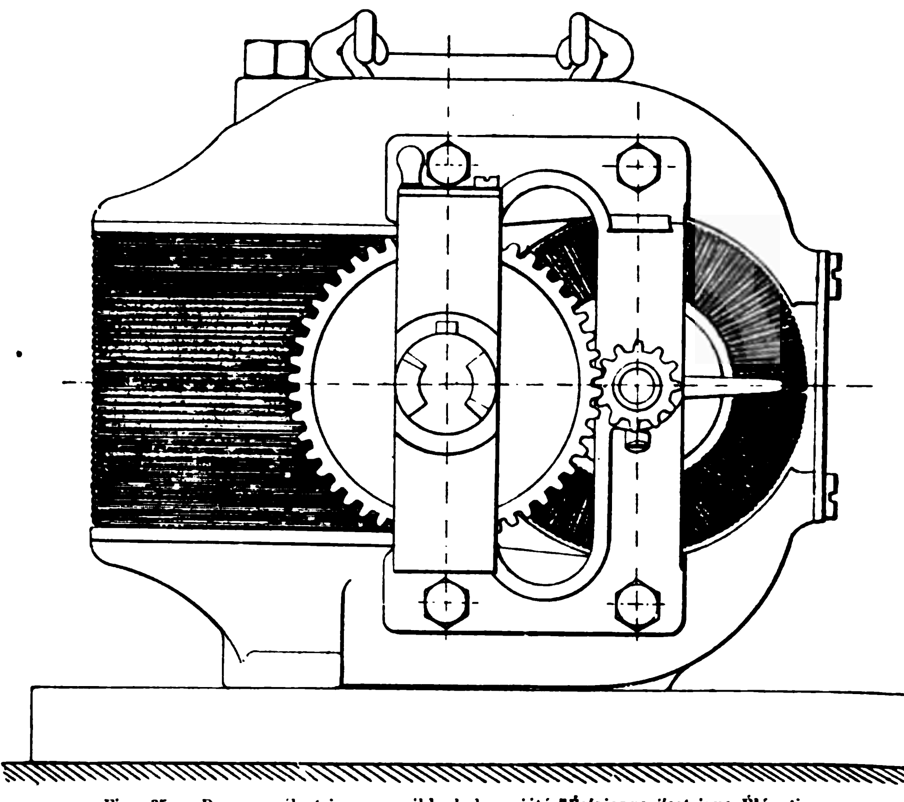


Fig. 135. — Perceuse électrique amovible de la société *l'Éclairage électrique*. Élévation.

536. Perceuse Weyburn. — La perceuse Weyburn peut être amenée dans un atelier au-dessus du point à percer, grâce à un système de rails et d'articulations indiqué par la figure 134. Sur les rails *b* peut courir le châssis *d*, qui porte l'électromoteur C, alimenté par des galets-contacts ou *trolleys f* glissant sur des conducteurs parallèles aux rails.

La perceuse N est reliée au châssis par des bras K et I, articulés en D et D'. Le foret est mis en mouvement par la transmission funiculaire *m*, F, F'. La perceuse peut ainsi décrire des cercles complets autour des axes D et D'.

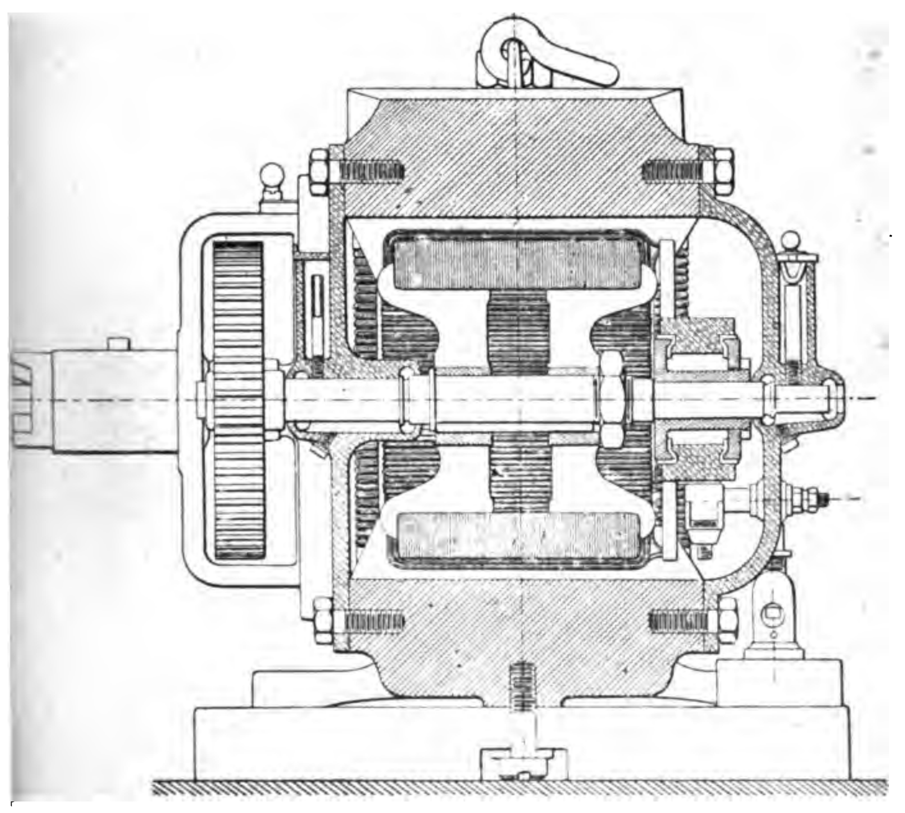


Fig. 136. — Perceuse électrique amovible de la société *l'Éclairage électrique*. Coupe suivant l'axe.

537. Perceuses de la société « l'Éclairage électrique ». — La société *l'Éclairage électrique* a établi un type de perceuse représenté par les figures 135 et 136. L'axe de l'induit commande par un pignon une roue dentée sur l'axe de laquelle peut se monter, par un emmanchement indiqué sur les figures, un arbre flexible transmettant le mou-

vement au foret, qui lui-même est appuyé, par un dispositif convenable, sur la pièce à percer. Les moteurs sont excités en série.

Plusieurs modèles de ce type de perceuse sont en service dans les chantiers de la marine de guerre.

Voici leurs données principales de construction et de fonctionnement.

538. — 1° Petit modèle enroulé pour 70 volts.

Induit.	Diamètre intérieur du noyau	9	cm
	Diamètre extérieur du noyau	13	cm
	Longueur suivant l'axe	8	cm
	Diamètre du fil	1,2	mm
	Nombre de spires	520	
	Nombre de sections	52	
	Résistance	0,475	ohm
Inducteur.	Diamètre du noyau	7,5	cm
	Longueur du noyau	12,8	cm
	Diamètre du fil	2	mm
	Nombre de spires	450	
	Résistance	0,74	ohm
Poids de l'ensemble		39	kg

Cet électromoteur est établi pour fonctionner normalement à 70 volts et 10 ampères; pendant quelques minutes, il peut supporter un courant de 15 ampères. Voici d'ailleurs quelques chiffres de vitesses correspondant à différentes valeurs de l'intensité, sous 70 volts :

INTENSITÉ en ampères	VITESSE de l'induit en tours par minute
12	2 108
7	2 520
4,3	4 400

Comme essai pratique, on perce une plaque d'acier de 43 mm d'épaisseur, avec un foret de 28 mm de diamètre, en 15 à 17 minutes; on dépense pour cela 8 ampères sous 48 volts, l'induit faisant 1 600 tours.

539. — 2° Petit modèle enroulé pour 110 volts.

Induit.	Diamètre du fil.	1 mm
	Nombre de spires	858
	Nombre de sections	52
Inducteur.	Diamètre du fil	1,6 mm
	Nombre de spires	698

L'essai comme moteur sous 110 volts a donné comme résultats :

INTENSITÉ du courant en ampères	VITESSE de l'induit en tours par minute
6,8	2 100
6,55	2 282
6,22	2 314
5,48	2 538
4,14	3 060

540. — 3° Grand modèle enroulé pour 70 volts. C'est ce modèle qui est représenté par les figures 135 et 136.

Induit.	Diamètre intérieur du noyau.	9 cm
	Diamètre extérieur du noyau.	13 cm
	Longueur suivant l'axe . . .	10 cm
	Diamètre du fil.	1,5 mm
	Nombre de spires	416
	Nombre de sections	52
	Résistance	0,33 ohm

Inducteur.	Diamètre du noyau	8,8	cm
	Longueur du noyau	12,8	cm
	Diamètre du fil	2,5	mm
	Nombre de spires	370	
	Résistance	0,49	ohm
Poids de l'ensemble		53	kg

Le moteur doit marcher normalement avec 15 ampères; il peut supporter pendant 5 à 6 minutes un courant de 22 ampères.

Aux essais, ce modèle a donné comme résultats, sous 70 volts :

INTENSITÉ du courant en ampères	VITESSE de l'induit en tours par minute
16	1 420
14,7	1 500
13,2	1 600
11,6	1 840
10,1	2 024
8,7	2 280
6,98	2 520
5,90	2 888

Comme essai pratique, on a percé, en 14 à 16 minutes, une plaque d'acier de 43 mm d'épaisseur, avec un foret de 28 mm de diamètre; on a dépensé 12 ampères sous 56 volts, l'induit faisant 1 350 tours par minute.

541. — 4° Grand modèle enroulé pour 110 volts.

Induit.	Diamètre du fil	1,2 mm
	Nombre de spires	780
	Nombre de sections	52
Inducteur.	Diamètre du fil	2,2 mm
	Nombre de spires	430

Sous 110 volts, on a trouvé :

INTENSITÉ du courant en ampères	VITESSE de l'induit en tours par minute
9,72	1 672
8,79	1 730
7,47	2 000
5,88	2 240
4,8	2 400

542. Perceuses Sautter et Harlé. — La maison Sautter et Harlé construit, pour les chantiers de construc-

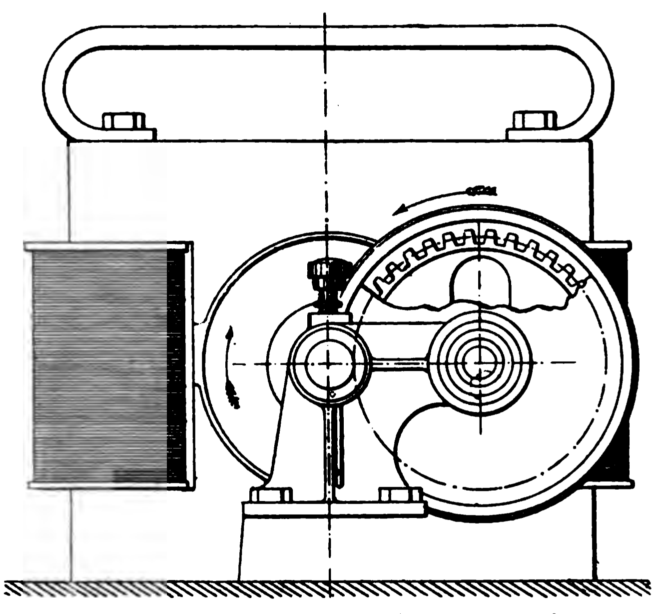


Fig. 137. — Perceuse électrique amovible *Sautter et Harlé*.

tions navales, deux types de perceuses amovibles, représentés schématiquement par la figure 137.

Le mouvement du foret est encore ici, comme pour les perceuses précédentes, commandé par un arbre flexible ac-

couplé avec l'axe d'une roue dentée mise en mouvement par un pignon monté sur l'arbre de l'induit.

L'induit est un anneau Gramme ; l'excitation des inducteurs est faite en série.

Nous exprimons ci-après quelques données de construction et de fonctionnement sur ces deux types de perceuses :

	TYPE P_p	TYPE C_p
Longueur en millimètres	305	335
Largeur en millimètres.	315	315
Hauteur en millimètres.	170	231
Vitesse de l'induit, en tours par minute.	2 000	2 000
Vitesse du flexible, en tours par minute.	475	450

Le perçage de plaques de métal a donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

	PERCEUSE P_p pour flexible conduisant un foret hélicoïdal de 28 mm de diamètre.			PERCEUSE C_p pour flexible conduisant un foret hélicoïdal de 36 mm de diamètre.		
Nature du métal travaillé.	ACIER DOUX			ACIER SIEMENS-MARTIN		
Pression en kg sur l'outil.	240	320	320	80	240	240
État d'affûtage	à neuf	émoussé	bon	bon	à neuf	médiocre
Temps employé pour percer des trous de 26 mm de profondeur.	$4^m\ 30^s$	9^m	4^m	30^m	$3^m\ 15^s$	6^m
Différence de potentiel aux bornes de l'électromoteur, en volts.	68	65	65	50	68	65
Intensité du courant, en ampères.	10	10	10,5	10	15	14
Puissance électrique dépensée en watts . . .	680	650	682	500	1 020	910

NOTA. — Quand la perceuse travaille d'une manière intermittente, les pressions sur l'outil peuvent être notablement augmentées ; les avancements sont alors plus rapides.

543. — La figure 138 représente schématiquement un

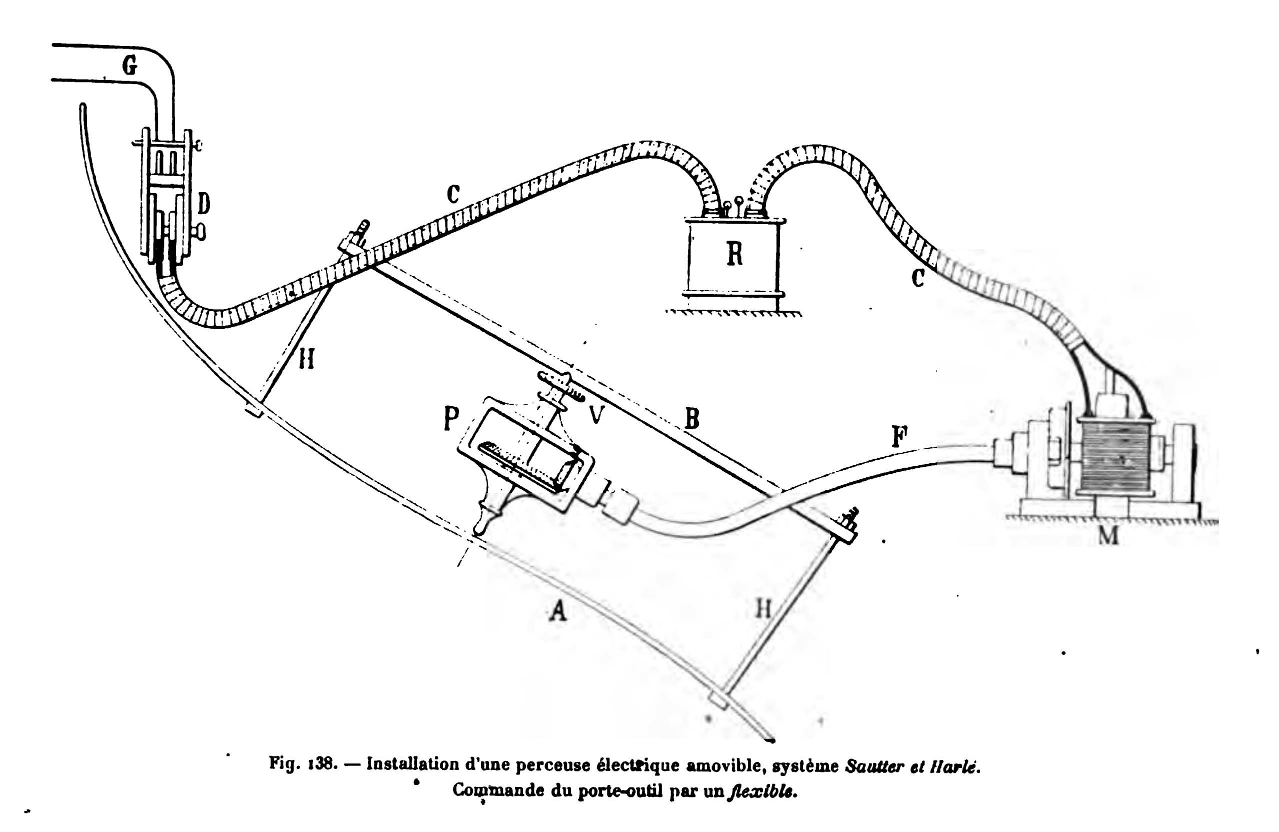


Fig. 138. — Installation d'une perceuse électrique amovible, système *Sautter et Harlé*.
Commande du porte-outil par un *flexible*.

électromoteur M actionnant, par le flexible F, le porte-outil P, appliqué contre une tôle A à percer, grâce à la pièce d'appui B liée à la tôle A par les boulons HH.

Dans chaque cas particulier, le montage du porte-outil sur la pièce à travailler sera installé de la manière la plus convenable.

L'avance du foret et la pression contre la tôle A sont obtenues par la manœuvre à la main du volant V fixé sur un axe fileté.

L'électromoteur est relié aux conducteurs G venant de la génératrice, ou d'un tableau de distribution alimenté par la génératrice, au moyen de conducteurs jumeaux volants CC, et d'une prise de courant D.

Un rhéostat R est intercalé sur ces conducteurs. Ce rhéostat, placé près du porte-outil et transporté avec lui près des divers points à travailler, permet à l'ouvrier de démarrer le moteur sans accident et de régler la vitesse selon la nature du métal et l'état du foret.

544. — Les divers organes dont il vient d'être question sont représentés, d'après une photographie, dans la figure 139.

545. Perceuse Rowan. — Afin d'éviter l'installation nécessaire pour appliquer et maintenir le porte-outil contre la pièce à travailler, M. Rowan a combiné une perceuse dans laquelle l'adhérence est produite par un électro-aimant AC, dont les deux pôles sont formés par un noyau A et une enveloppe en fer C, dont l'extrémité F porte sur la tôle à percer, très près de l'outil H (*fig. 140*). On évite ainsi tout porte-à-faux. La vis calante J permet de dresser exactement la perceuse sur la tôle.

L'électromoteur K actionne le foret H par un train d'engrenages logé en L.

546. Perceuses et taraudeuses à mains Couffinhal. — Les perceuses à mains *Couffinhal,* représentées par la figure 141, ont un moteur électrique excité en série,

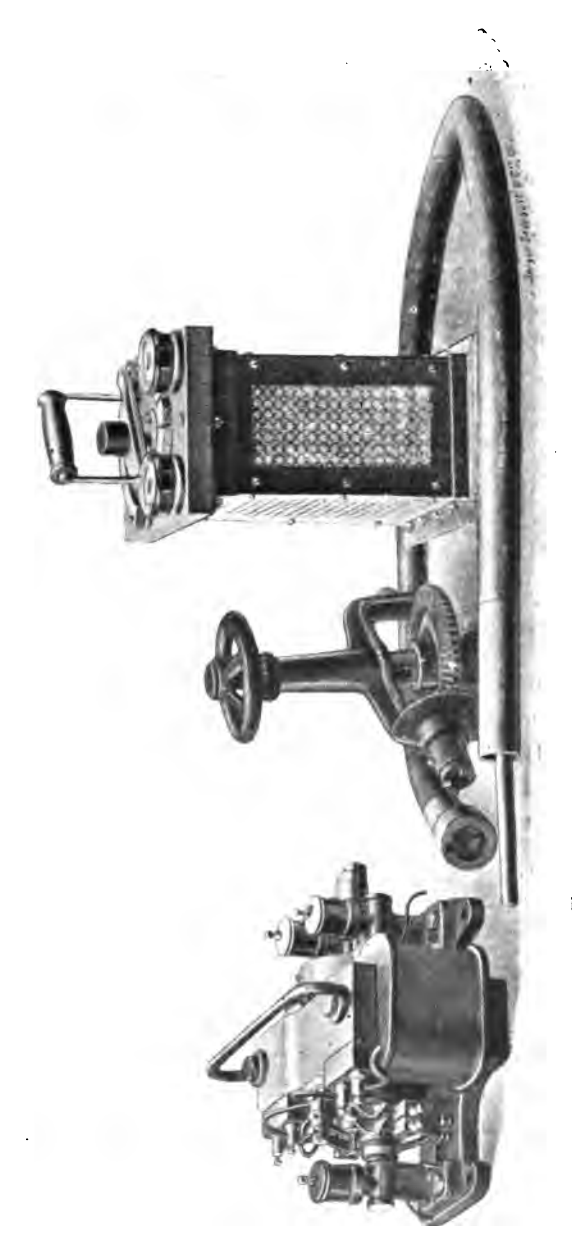


Fig. 139. — Perceuse électrique amovible, système *Sautter et Harlé*.

entraînant l'outil par l'intermédiaire d'un double réducteur. Deux poignées servent à porter et à diriger l'appareil, l'une des poignées commande le commutateur de mise en marche. Une conscience ou une béquille permet à l'ouvrier de donner au foret la pression convenable.

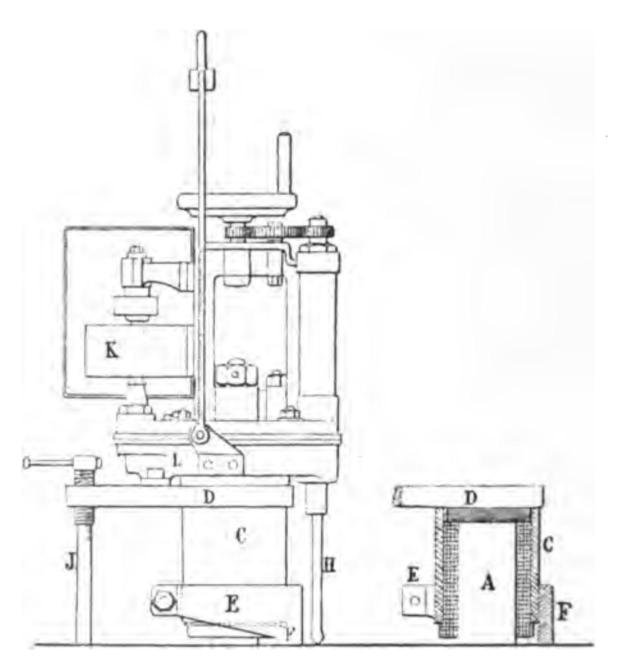


Fig. 140. — Perceuse électrique *Rowan*, avec adhérence électromagnétique.

547. — La figure 142 montre un modèle de perceuse à mains avec adhérence électromagnétique, permettant de percer des trous horizontaux par exemple, sans installation spéciale pour maintenir l'outil en place.

L'électro-aimant qui produit l'adhérence a trois pieds dont un réglable en hauteur, de façon à rendre toujours le foret normal à la surface à percer; deux supports-guides sont fixés sur l'armature de l'électro-aimant; un levier, ou une vis commandée par un volant, donne au foret la pres-

sion convenable. Les pieds de l'électro-aimant peuvent être terminés par des sabots à rotule, ce qui permet d'obtenir une adhérence par une grande surface dans le cas où la pièce n'est pas plane.

548. — Dans la figure 143 est représentée une taraudeuse à mains établie de la même manière que la perceuse. La taraudeuse comporte en plus un *inverseur de courant*



Fig. 141. — Perceuse à mains *Couffinhal.*

permettant le changement du sens de la rotation de l'électromoteur pour dégager le taraud. Cet inverseur est solidaire de deux taquets, de longueur réglable, placés de chaque côté du taraud. Lorsque celui-ci arrive à fin de course, les taquets venant buter contre la pièce taraudée déclanchent le commutateur inverseur qui opère le changement de marche et dégage l'outil.

549. Ateliers électriques du chemin de fer du Nord. — Comme exemple de transmission et de distribution complètement électriques de l'énergie mécanique dans

les ateliers, nous citerons les nouveaux ateliers du chemin de fer du Nord, établis à Saint-Ouen pour la réparation et la construction des pièces des appareils télégraphiques.

Ces ateliers, installés auparavant à Paris, dans les bâtiments de l'administration, étaient actionnés par un moteur à gaz de 12 chevaux. Grâce à la substitution de la transmission électrique à la transmission mécanique, les nouveaux ateliers ont pu être établis à Saint-Ouen dans une construction légère en bois.

L'usine électrique toute voisine de la *Société d'éclairage*

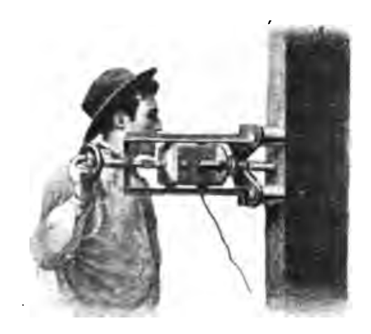


Fig. 142. — Perceuse à mains avec support à adhérence électromagnétique, système *Couffinhal*.

et de force fournit l'énergie électrique, sous une différence de potentiel de 115 à 118 volts.

Les ateliers comprennent 6 tours, 5 perceuses, 1 machine à fraiser, 1 étau-limeur, 1 meule, 1 scie à ruban, 1 ventilateur, 1 broyeur et 1 mélangeur pour la fabrication de l'encre oléique destinée au service des bureaux télégraphiques.

Les différentes machines-outils sont actionnées chacune par un électromoteur séparé, par l'intermédiaire de transmissions plus ou moins complexes, analogues à celles que nous avons représentées (*fig. 126 à 132*).

Les moteurs électriques sont de trois modèles seulement, dont deux de 1 100 et 300 watts.

Le tableau suivant, publié dans la *Revue générale des*

chemins de fer par M. E. Sartiaux, chef des services électriques du chemin de fer du Nord, montre pour chaque machine-outil la dépense à vide et en charge. On peut ainsi vérifier ce que nous avons dit à propos de la perte d'énergie due aux transmissions (**531**).

Avec la commande électrique, il est clair que l'électromoteur pouvant être arrêté en même temps que l'outil, on évite ainsi la perte considérable due à la marche à vide.

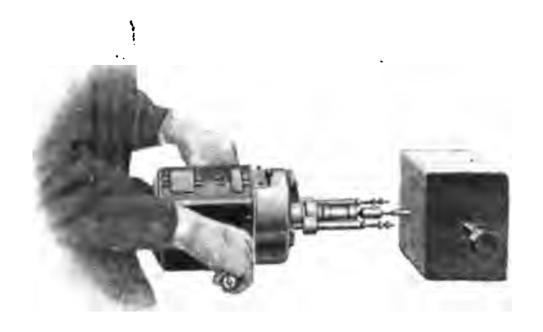


Fig. 143. — Taraudeuse à mains, système *Couffinhal*.

La consommation d'énergie électrique moyenne journalière étant de 11 kilowatts-heure, et l'énergie étant vendue à raison de 0,38 fr. le kilowatt-heure, il en résulte une dépense journalière de 4,18 fr. En comptant 1 fr. par jour pour les frais d'entretien, le graissage, la main-d'œuvre, la dépense ressort à 5,18 fr. par jour.

Les anciens ateliers exigeaient une dépense journalière de 13 fr. pour le gaz, l'eau, le graissage et l'entretien.

Tableau.

DÉSIGNATION DES MACHINES		INTENSITÉ en ampères	PUISSANCE électrique en kilogrammètres/s	PUISSANCE électrique en chevaux-vapeur
Gros tour à changement de marche.	Anneau à vide . .	2,5	28	0,375
	— en charge.	5 à 6	56	0,750
			67	0,900
Tour moyen . . .	Anneau à vide . .	6	67	0,900
	— en charge.	10 à 12	112	1,500
			135	1,800
Petit tour monté à friction.	Anneau à vide . .	3,5	39	0,525
	— en charge.	5 à 6	56	0,750
			67	0,900
Tour de précision .	Anneau à vide . .	5	56	0,750
	— en charge.	8	90	1,200
Tour d'horlogerie .	Anneau à vide . .	2,5	28	0,375
	— en charge.	4	45	0,600
Petit tour à polir .	Anneau à vide . .	3	34	0,450
	— en charge.	5	56	0,750
Petite perceuse . .	Anneau à vide . .	2,5	28	0,375
	— en charge.	4	45	0,600
Grande perceuse radiale.	Anneau à vide . .	3	34	0,450
	— en charge.	7	79	1,050
Grosse perceuse. .	Anneau à vide . .	4	45	0,600
	— en charge.	8	90	1,200
Perceuse moyenne.	Anneau à vide . .	4	45	0,600
	— en charge.	6	67	0,900
Perceuse Huvé petite.	Anneau à vide . .	3	34	0,450
	— en charge.	5	56	0,750
Machine à fraiser .	Anneau à vide . .	11,4	128	1,710
	— en charge.	15	167	2,250
Étau-limeur. . . .	Anneau à vide . .	9	102	1,350
	— moitié charge.	11	124	1,650
	— pleine charge.	15	167	2,250
Meule	Anneau à vide . .	4	45	0,600
	— en charge.	7	79	1,050
Scie à ruban . . .	Anneau à vide . .	8	90	1,200
	— en charge.	9,5	104	1,425
Ventilateur. . . .	Anneau à vide . .	7	79	1,050
	— en charge.	8	90	1,200
Broyeur et mélangeur.	Anneau à vide . .	10	112	1,500
	— en charge.	12	135	1,800

CHAPITRE XI

ÉTABLISSEMENT D'UN PROJET DE MOTEUR ÉLECTRIQUE

550. Généralités. — Les dynamos étant réversibles et les réceptrices ou génératrices actuelles étant semblables comme formes, il semble que les règles de construction applicables aux dynamos réceptrices doivent être identiquement les mêmes que celles en usage pour les génératrices. Mais, sans entrer dans l'étude approfondie des réactions qui se produisent chez les unes et les autres et constater, comme cela a été fait maintes fois, que l'effet de ces réactions n'est pas le même dans une même dynamo servant de génératrice ou de réceptrice, il n'est pas difficile de mettre en évidence, en s'appuyant sur l'étude théorique des moteurs et de leur fonctionnement faite précédemment (**I, 55** à **128**), que les règles de construction des moteurs peuvent différer par certains points de celles des génératrices et que la méthode employée pour arriver à la détermination des divers éléments peut être variable d'un genre de dynamos à l'autre.

Pour définir une dynamo génératrice, on indique qu'elle doit donner une intensité de courant extérieur i, avec une différence de potentiel aux bornes égale à D, à une vitesse de rotation V. Suivant le prix qu'on veut mettre à la dynamo, son rendement industriel, son poids, son encombrement varieront. La vitesse de rotation elle-même n'est pas une grandeur dont la valeur doive être nécessairement donnée et réalisée avec une très grande précision, puisque cette vitesse n'est qu'un moyen d'arriver au véritable but, qui est de donner un courant i sous une différence de potentiel D et n'a pas l'inexorabilité d'un résultat à produire.

Nous savons, d'autre part, que le bon fonctionnement des dynamos génératrices exige que les électro-aimants inducteurs aient une grande masse de fer par rapport à l'induit et que ces inducteurs ne soient pas saturés.

Voyons maintenant comment va se poser le problème des électromoteurs.

Il ne suffit plus de dire que l'électromoteur doit fonctionner avec un courant i et une différence de potentiel D, même en ajoutant que la vitesse doit être V. L'intensité du courant et la différence de potentiel aux bornes sont ici des moyens d'arriver au résultat, qui est de faire tourner à une vitesse V un appareil exigeant un effort F pour être mis en mouvement. C'est donc par cet effort et par cette vitesse qu'il faut définir le moteur. La question de poids et d'encombrement liée, pour les génératrices, surtout à la question d'économie, peut devenir prépondérante pour les moteurs, puisqu'ils peuvent être appelés à prendre place dans des espaces exigus près des appareils à faire mouvoir et même à participer au mouvement de ces derniers.

Nous avons vu enfin, à diverses reprises (**I, 63, 89**), que le fonctionnement des moteurs se fait dans de meilleures conditions, si le flux inducteur est constant, ce qui, pour les électromoteurs excités en série, n'est sensiblement obtenu que lorsque les électro-aimants inducteurs sont saturés.

551. — Lorsqu'on établit un projet d'électromoteur, il importe d'abord de fixer les points suivants :

1° Grandeur du moment du couple résistant moyen sur l'axe qu'il s'agit de faire mouvoir;

2° Vitesse en tours par minute de cet axe;

3° Rapport des vitesses que l'on veut établir entre l'axe de l'électromoteur et l'axe qu'il doit commander;

4° Nature du travail demandé au moteur, continu ou intermittent;

5° Variations du moment résistant;

6° Valeur maximum du moment résistant.

En particulier, la détermination du rapport des vitesses que l'on veut admettre pour l'axe du moteur et l'axe à commander est des plus importantes; c'est elle qui donne lieu souvent aux difficultés les plus grandes. On conçoit, en effet, que si l'axe commandé doit avoir une faible vitesse angulaire, le grand rapport des vitesses qui en résulte conduit à une grande complication pour la transmission; la multiplicité des engrenages que l'on est souvent obligé d'établir entraîne une grande perte d'énergie.

Si, pour éviter cette perte, on veut prendre un rapport des vitesses assez faible, on peut être conduit à un moteur de faible rendement et, en tout cas, le poids et l'encombrement de l'électromoteur sont accrus dans des proportions souvent considérables. Il y a là une sorte de dilemme dont il est difficile de se tirer sans une grande expérience et beaucoup d'ingéniosité.

Le rapport des vitesses étant choisi, on en conclut le moment résistant utile moyen appliqué à l'arbre du moteur et, en même temps, la vitesse en nombre de tours par minute pour cet arbre. Ce sont là les véritables points de départ pour la construction d'un électromoteur. Encore y aura-t-il lieu parfois de revenir sur le choix primitif fait pour le rapport des vitesses, parce qu'on aura été conduit, par la suite, à des dimensions pour l'électromoteur hors de proportion avec la vitesse dérivant du rapport choisi.

552. — On voit donc tout d'abord qu'un projet de moteur applicable à un travail parfaitement déterminé comprend un élément arbitraire, la vitesse du moteur, laissé à l'appréciation de l'ingénieur, mais qu'il importe de fixer avant toute autre chose.

On comprend dès lors que rien n'est moins précis que de dire : *un électromoteur de 10 chevaux,* en entendant par là un moteur capable de développer une puissance utile sur

son arbre de 10 chevaux-vapeur. Une infinité de moteurs répondraient à cette définition, en admettant même que l'on fixe en outre l'intensité du courant et la différence de potentiel aux bornes.

La puissance d'un électromoteur ne peut être prise pour base de sa construction ; elle dépend essentiellement du choix qu'on aura fait préalablement pour la vitesse de rotation.

Cette affirmation peut étonner tout d'abord, puisqu'il semble que la puissance à développer sur l'axe à faire mouvoir comme but définitif étant dans tous les cas la même, le choix d'une vitesse ou d'une autre pour l'axe du moteur ne doive pas influer sur sa puissance mécanique utile, mais sur l'autre facteur de cette puissance, le moment utile appliqué à l'axe du moteur. En réfléchissant quelque peu à ce que nous avons dit plus haut, on comprend que plus grand est choisi l'écart entre les vitesses de l'axe du moteur et de l'axe à commander, plus est grande aussi l'énergie absorbée par la transmission, à cause de la multiplication des organes qu'elle nécessite.

En second lieu, il suffit de se reporter aux caractéristiques que nous avons tracées, par exemple pour un électromoteur excité en série (**I**, *fig.* 23), pour voir que pour deux valeurs égales de la puissance utile p_u, situées de part et d'autre du maximum et correspondant à des vitesses différentes, le rendement industriel d'un même moteur, fonctionnant avec la même différence de potentiel aux bornes, est différent ; par suite, la puissance électrique P qu'il absorbe pour développer la même puissance mécanique utile p_u peut être notablement différente suivant la vitesse adoptée.

Pour mettre en évidence d'une façon parlante la différence des points de départ dans la construction des dynamos génératrices ou réceptrices, nous dirons encore :

La dynamo génératrice doit développer une puissance électrique utile D*i* dans un certain circuit extérieur, et pour

cela tourner à une vitesse V. Le rendement de cette génératrice, et par suite la puissance mécanique employée à la faire mouvoir, varie si, conservant la même vitesse de rotation, on fait varier la valeur admise pour la différence de potentiel aux bornes D.

La dynamo réceptrice doit tourner à la vitesse V en actionnant un appareil déterminé, et pour cela développer sur son arbre une puissance mécanique utile p_u. Le rendement de cette réceptrice, et par suite la puissance électrique qu'elle absorbe, varie si, conservant la même valeur pour la puissance mécanique utile développée, on fait varier la valeur admise pour la vitesse de rotation.

553. — Il est indispensable de savoir si le travail qu'on exigera du moteur est continu ou intermittent; on conçoit, par exemple, que la section à donner aux fils constituant l'induit dépend du temps pendant lequel ils doivent être parcourus par le courant, autant que de l'intensité même de ce courant. On pourra employer à un travail intermittent un électromoteur de dimensions bien plus faibles que si ce travail est continu. Autrement dit, on pourra faire développer à un moteur déterminé une puissance bien plus grande, si le travail effectué est intermittent, que s'il est continu.

Si le moment résistant est, de sa nature, variable, l'électromoteur doit être établi de manière à pouvoir supporter, sans échauffement trop grand, non seulement le courant correspondant à l'effort résistant moyen, mais encore aux efforts résistants plus grands qui peuvent se produire; la section des fils devra donc, dans ce cas, dépendre du moment résistant maximum et il en est de même évidemment de la solidité des pièces mécaniques, telles que l'axe de rotation, par exemple. Le choix du mode d'excitation des inducteurs pourra dépendre des variations du moment résistant; nous avons vu, en effet (**I, 89** et **126**), que si l'on désire obtenir une vitesse constante, malgré ces variations,

il faut avoir recours à l'excitation en dérivation ou compound. Il faut encore adopter l'excitation en dérivation si, la constance de la vitesse n'étant pas indispensable, on veut éviter les trop grands écarts de vitesse qui produiraient, avec l'excitation en série, de grandes variations du moment résistant.

554. — Cet examen général des conditions de fonctionnement de l'électromoteur une fois accompli, on fait choix de sa forme. Dans ce choix interviendront, pour la plus grande part, l'économie dans la construction, la facilité de démontage et de réparation, et surtout l'amour-propre du constructeur qui veut créer un modèle original. Il ne peut y avoir de règles à ce sujet et l'on n'a qu'à s'en rapporter aux résultats expérimentaux obtenus avec des électromoteurs déjà construits. On partira donc d'un type défini ayant déjà fait ses preuves. Quant aux dimensions à donner à ce type, c'est par approximations successives qu'on parvient à les déterminer, et voici comment :

Ayant fait choix d'un type de dimensions quelconques, on détermine les éléments de l'électromoteur construit sur ces données et réalisant les conditions de vitesse et de moment utile imposées par l'application particulière que l'on a en vue ; si la grandeur trouvée pour ces éléments est satisfaisante, on s'en tient là ; sinon, on modifie judicieusement les dimensions adoptées, de façon à obtenir un meilleur résultat. Ici encore les résultats fournis par la construction antérieure d'électromoteurs de puissance comparable à celui que l'on a en vue peuvent restreindre les tâtonnements. D'ailleurs ces tâtonnements portent surtout sur les dimensions à donner à l'induit de l'électromoteur ; celles-ci admises, les dimensions des inducteurs en dépendent presque inévitablement.

Nous allons appliquer à un exemple la méthode générale que nous venons d'indiquer, en supprimant, bien entendu, les tâtonnements.

Projet de moteur électrique pour treuil.

555. Données du problème mécanique à résoudre. — Supposons qu'il s'agisse de soulever un poids moyen de 100 kg, avec une vitesse linéaire verticale de 33 cm par seconde.

Le câble du treuil s'enroule sur un tambour de 20 cm de diamètre; le nombre de tours que ce tambour devra faire par seconde sera donc égal à 0,53, soit par minute 32 tours environ.

L'effort tangentiel sur le tambour étant égal à 100 kg, le moment résistant moyen sur son axe sera donc $100 \times 0,10$ ou 10 kilogrammètres.

Nous supposerons que le poids soulevé peut varier de 20 kg en plus ou en moins; le moment résistant peut prendre, par suite, des valeurs comprises entre 8 et 12 kilogrammètres.

Bien entendu, au démarrage, le moment résistant pourra prendre des valeurs plus considérables; on admet le plus souvent qu'il est alors doublé.

556. Vitesse adoptée pour l'électromoteur. — La puissance mécanique moyenne du treuil est de 33 kgm/s; nous serons amenés sans doute à demander le double environ à l'électromoteur. Or un électromoteur d'une puissance de 60 kgm/s est généralement établi pour des vitesses voisines de 2 000 tours par minute, lorsque la différence de potentiel aux bornes est elle-même voisine de 100 volts; mais il ne faut pas perdre de vue que la vitesse prévue pour l'axe du tambour du treuil est de 32 tours par minute, et qu'en adoptant une vitesse de 2 000 tours il faudrait la réduire dans le rapport $\frac{1}{62}$ environ. Si nous ne voulons pas employer des roues d'engrenages de trop grand diamètre, nous ne pour-

rons guère réduire la vitesse avec un seul train d'engrenages que dans le rapport $\frac{1}{6}$; si nous ne voulons que deux réductions successives, nous ne réduirons la vitesse que dans le rapport $\frac{1}{36}$ et nous serons conduits à adopter pour l'électromoteur une vitesse inférieure à celle que nous avons donnée comme généralement admise. Pour obtenir les 32 tours par minute sur l'axe du tambour, nous devrons donner à l'induit du moteur une vitesse angulaire égale à 32×36 ou 1 150 tours par minute environ.

En adoptant ainsi pour le moteur une vitesse un peu faible, nous serons naturellement conduits à augmenter ses dimensions et son poids; il est vrai que l'électromoteur fonctionnera dans de meilleures conditions de solidité. Le moteur dont il s'agit est d'ailleurs destiné à occuper une position fixe, et une légère augmentation de poids n'a, par suite, qu'une importance secondaire. Il faut remarquer en outre que cet excédent de poids de l'électromoteur dû au choix d'une vitesse plutôt faible peut compenser l'augmentation du poids des engrenages qu'entraînerait une vitesse plus grande.

557. Puissance mécanique utile du moteur; moment utile. — Le rapport des vitesses du moteur et du treuil étant choisi et même les organes de transmission étant décidés, deux trains d'engrenages ici, on peut évaluer approximativement la perte de puissance due à la transmission et aux frottements de l'axe du treuil sur ses coussinets en se rapportant à des expériences antérieures faites dans des conditions analogues, ou même en essayant directement la transmission par engrenages que l'on veut employer.

Nous supposerons ici que la transmission et les frottements du treuil absorbent 35 °/o de l'énergie mécanique développée par le moteur électrique; c'est un chiffre qui n'a rien

d'exagéré dans le cas qui nous occupe, où les engrenages doivent être robustes, en raison du genre de travail que l'appareil est destiné à produire et qui peut amener des chocs.

Par suite, la puissance mécanique résistante correspondant au poids soulevé n'étant égale qu'à 65 °/₀ de la puissance mécanique utile p_u du moteur, on a :

$$p_u = \frac{33}{0,65} = 50,7 \text{ kgm/s.}$$

Le moment utile sur l'arbre du moteur est alors, avec une vitesse de 1 150 tours par minute :

$$T_u = \frac{30 p_u}{\pi V} = \frac{30 \times 50,7}{\pi \times 1150} = 0,448 \text{ kgm.}$$

558. Puissance électrique absorbée par le moteur. — Pour connaître la puissance électrique absorbée par le moteur, nous devons encore admettre une valeur pour son rendement industriel ; nous le prendrons, par exemple, égal à 0,70. Ici encore les essais antérieurs peuvent guider ; si on s'est trompé dans cette évaluation du rendement, la suite des déterminations le montrera aisément et le calcul sera refait en partant d'une nouvelle valeur.

La puissance électrique P du moteur sera alors

$$P = \frac{p_u}{0,70} = \frac{50,7}{0,70} = 72,4 \text{ kgm/s.}$$

ou bien

$$P = 72,4 \times 9,81 = 710 \text{ watts.}$$

559. Différence de potentiel aux bornes et intensité du courant. — La puissance électrique absorbée par le moteur est égale au produit $D i$ de la différence de potentiel aux bornes D par l'intensité i du courant arrivant au

moteur. Nous pouvons encore choisir arbitrairement l'un des facteurs D ou i; nous pouvons construire un moteur à potentiel élevé et faible courant, ou l'inverse.

Dans la plupart des cas, le choix d'un des facteurs est déterminé par la source qui doit alimenter le moteur. Ainsi, par exemple, si la source distribue sous une différence de potentiel de 80 volts, nous prendrons D égale à 80 volts.

Dans ce cas, l'intensité i du courant est

$$i = \frac{710}{80} = 8,8 \text{ ampères.}$$

560. Force contre-électromotrice. — Pour déterminer la force contre-électromotrice du moteur, nous devrons en premier lieu faire choix du mode d'excitation et, en second lieu, admettre une valeur pour la chute de potentiel dans les conducteurs constituant le moteur.

Supposons que l'excitation soit faite en série et que 17 °/₀ de la puissance électrique absorbée par le moteur soient dissipés par l'échauffement des conducteurs de l'induit et de l'inducteur. La chute de potentiel dans l'inducteur et l'induit sera aussi égale à 17 °/₀ de la différence de potentiel aux bornes ; celle-ci étant 80 volts, la chute sera égale à 13,6 volts.

La force contre-électromotrice du moteur sera dès lors

$$e = 80 - 13,6 = 66,4 \text{ volts.}$$

561. Forme et dimensions de l'induit. — Nous adopterons comme type du moteur celui représenté par la figure 144. L'induit est en forme d'anneau Gramme ; son noyau A est constitué par des tôles minces de fer découpées en couronnes, empilées et séparées par du papier isolant. Le diamètre extérieur de ces tôles est de 13 cm et leur diamètre intérieur de 9 cm, ce qui donne à l'anneau de fer qu'elles constituent une épaisseur radiale de 2 cm.

Le diamètre des tôles choisi est arbitraire dans des limites assez larges; il faut toutefois que la vitesse circonférentielle de l'induit ne soit pas trop grande. En adoptant la vitesse plutôt faible de 8 m par seconde, on trouve, pour une vitesse angulaire de 1 150 tours par minute, un diamètre de 13,1 cm. Nous avons pris le chiffre arrondi de 13 cm.

Des tôles de ces mêmes dimensions peuvent être employées pour des électromoteurs de puissances très différentes, à la condition de faire varier convenablement le

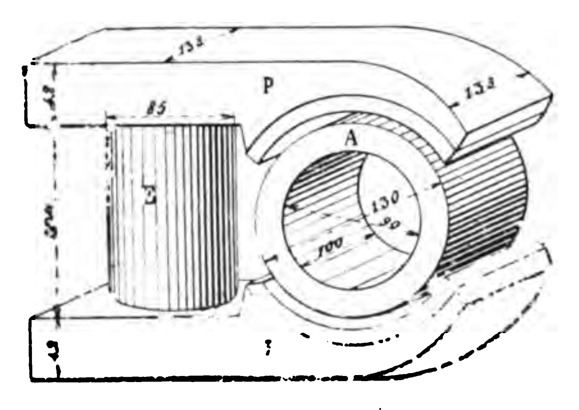


Fig. 144. — Carcasse magnétique d'un projet d'électromoteur.

nombre des tôles empilées pour former le noyau de l'induit, c'est-à-dire la section du fer de l'anneau.

L'inducteur sera constitué par un seul électro-aimant E, avec deux masses polaires P embrassant l'induit. Le noyau de cet électro-aimant ainsi que les masses polaires sont supposés en fer doux.

562. Nombre des spires enroulées sur l'induit. — Supposons que nous prenions pour enrouler l'induit du fil de cuivre de 1,2 mm de diamètre; ce diamètre a été porté à 1,6 mm par un isolant constitué par deux couches de coton. En superposant trois rangées de spires, on don-

nera à l'enroulement une épaisseur de 4,8 mm; avec un isolement de papier ou de toile interposé entre l'enroulement et le noyau de fer, cette épaisseur sera portée à 5 mm. Le diamètre moyen de la circonférence occupée par les spires sera donc égal à $\frac{130 + 140}{2}$ ou 135 mm; le développement en est égal à $135 \times 3,1416$ ou 424 mm. On peut donc loger aisément 260 spires par rangée et 780 pour les trois rangées.

Le fil de 1,2 mm a une section de 1,13 mm², le courant qui passe dans les spires de l'induit est $\frac{8,8}{2}$; la densité du courant dans le fil de l'induit est donc un peu moindre que 4 ampères par millimètre carré; cette densité pourrait être quelque peu augmentée, autrement dit on pourrait employer un fil de plus faible diamètre, mais il faut songer que l'intensité du courant passant dans le moteur pourra être augmentée par suite de l'accroissement du poids soulevé, ou tout au moins momentanément au démarrage.

Le nombre total des spires de l'induit étant 780, on pourra le partager, par exemple, en 52 bobines de 15 spires chacune, c'est-à-dire donner 52 lames au collecteur.

563. Flux de force utile dans les spires de l'induit. — La force contre-électromotrice du moteur est donnée en volts par la formule (**I, 14**)

$$e = \frac{nn' V \Phi}{30 \times 10^8},$$

dans laquelle V est la vitesse de rotation en tours par minute, Φ le flux maximum utile passant *dans une spire* de l'induit exprimé en unités C. G. S., nn' le nombre total des *spires* enroulées sur l'induit.

En remplaçant e, V, nn' par leurs valeurs déterminées précédemment, on trouve

$$\Phi = \frac{66,4 \times 30 \times 10^8}{780 \times 1150} = 222\,070 \text{ maxwells (unités C. G. S.)}.$$

564. Induction magnétique dans le fer de l'induit. — La valeur de l'induction magnétique dans le fer de l'induit est arbitraire et dépend de la section adoptée pour ce fer. Toutefois, cette induction magnétique devra rester comprise entre certaines limites ; en adoptant, par exemple, une valeur de 12 500 *gauss* (unités C. G. S.), nous trouverons pour la section de fer de l'anneau (une des moitiés de l'anneau seulement) :

$$S_A = \frac{222\,070}{12\,500} = 17,76 \text{ cm}^2.$$

Comme l'épaisseur radiale de l'anneau est 2 cm, on en déduit, pour la longueur suivant l'axe, une valeur de 8,88 cm. Mais, pour tenir compte du papier interposé entre les tôles, il faut majorer cette longueur de 10 %, ce qui donne 9,77 cm, ou, en arrondissant, 10 cm. Avec ce dernier chiffre, la section réelle de fer étant 18 cm², l'induction magnétique sera exactement

$$\mathfrak{B}_A = \frac{222\,070}{18} = 12\,300 \text{ gauss (unités C. G. S.)}.$$

565. Résistance de l'induit. — Nous pouvons maintenant calculer la résistance de l'induit. Le rectangle moyen formé par une spire a pour longueur 105 mm et pour hauteur 25,8 mm (en tenant compte de ce qu'à l'intérieur de l'anneau il faudra quatre rangées de spires superposées au lieu des trois rangées extérieures). La longueur moyenne d'une spire sera donc 2 (105 + 25,8), ou 262 mm. La longueur des 780 spires sera

$$0,262 \times 780 = 204,36 \text{ m}.$$

En admettant pour le cuivre une résistivité de 1,80 microhm-centimètre (pour tenir compte de l'élévation probable de température), on trouve, pour la résistance des 780 spires de l'induit, 3,33 ohms.

La résistance r_a de l'induit entre les balais est quatre fois plus petite, en supposant l'inducteur bipolaire. On a donc :

$$r_a = \frac{3,33}{4} = 0,832 \text{ ohm.}$$

566. Flux inducteur. — Nous avons vu **(I, 22)** que le flux créé par les inducteurs doit, par un anneau bipolaire, être le double du flux maximum utile passant dans une spire. Pour tenir compte des dérivations magnétiques, il faut encore multiplier le flux par un coefficient a que nous prendrons ici égal à 1,3. Il faut aussi avoir égard à la réaction d'induit ; mais nous la négligerons provisoirement pour y revenir plus tard.

Le flux Φ_1 passant dans les inducteurs est donc

$$\Phi_1 = 2 \times 222\,070 \times 1,3 = 577\,400 \text{ maxwells.}$$

567. Induction magnétique dans le noyau de l'électro-aimant inducteur. — Si l'on veut que l'induction magnétique $\mathfrak{B}_E$ dans le noyau de l'électro-aimant inducteur soit égale à 10 000 gauss, il faudra donner à ce noyau une section S_E dont la valeur soit

$$S_E = \frac{577\,400}{10\,000} = 57,7 \text{ cm}^2.$$

Si le noyau est supposé cylindrique, cette section correspond à un diamètre d'environ 85 mm.

Nous admettons, provisoirement et jusqu'à vérification de convenance, que la longueur du noyau est égale à 128 mm.

Si nous voulons que l'induction magnétique $\mathfrak{B}_p$ soit aussi 10 000 gauss dans les masses polaires, nous leur donnerons une section de 57,7 cm², c'est-à-dire, par exemple, une épaisseur suivant l'axe de l'électro-aimant de 4,2 cm et une profondeur suivant l'axe de l'induit de 13,8 cm. Pour la partie de ces masses polaires qui embrassent l'induit, cette profondeur sera réduite à 11 cm, de manière que les masses polaires affleurent l'enroulement.

568. Entrefer ; induction magnétique dans l'entrefer. — L'entrefer sera constitué de la manière suivante :

Isolant sur le noyau induit (papier ou toile).	0,2 mm
Enroulement de l'induit	4,8
Ligatures de l'enroulement.	1
Jeu.	1
Longueur de l'entrefer. . . .	7 mm

Pour les deux entrefers la longueur totale sera de 14 mm.

Les masses polaires embrassent autour de l'induit un arc de 120° environ et sont alésées à un diamètre de 130 + 14 ou 144 mm.

L'arc de 120° moyen entre la surface interne des masses polaires et la surface externe du noyau induit a pour longueur 143,5 mm. D'après MM. Hopkinson, il faut ajouter de chaque côté de cet arc une bande égale aux 0,8 de la longueur de l'entrefer ; dans le cas présent, il faut donc ajouter $2 \times 0{,}8 \times 7 = 11{,}2$ mm, ce qui porte à 154,7 mm la longueur de l'arc correspondant au champ magnétique dans l'entrefer.

La profondeur des masses polaires étant à cet endroit égale à 11 cm, la surface du champ polaire sera

$$15{,}47 \times 11 = 170{,}2 \text{ cm}^2.$$

Le flux de force passant dans l'entrefer étant le double du

flux passant dans les spires de l'induit, ou $2 \times 222\,070 = 444\,140$, l'induction magnétique dans l'entrefer sera

$$\mathfrak{B}_F = \frac{444\,140}{170,2} = 2610 \text{ gauss.}$$

569. Calcul des forces magnétomotrices. — Nous savons que dans un circuit magnétique la force magnétomotrice est égale à la somme des produits de la réluctance de chacune des parties constituant le circuit par le flux de force traversant cette partie. La force magnétomotrice est ici, abstraction faite de la réaction d'induit, égale à $4\pi ni$, n étant le nombre des spires de l'électro-aimant inducteur et i l'intensité du courant parcourant ces spires. On a donc

$$4\pi ni = \Sigma \Phi \mathfrak{R}.$$

On a d'ailleurs, pour une partie quelconque du circuit magnétique,

$$\mathfrak{R} = \frac{l}{\mu s},$$

l étant la longueur des lignes de force, s la section de la partie considérée et μ sa perméabilité magnétique ; d'autre part, les équations suivantes relient le flux Φ, l'induction magnétique $\mathfrak{B}$, la force magnétisante $\mathfrak{H}$ et la perméabilité μ.

$$\Phi = \mathfrak{B} s,$$

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}.$$

On en conclut

$$4\pi ni = \Sigma \mathfrak{H} l.$$

La force magnétomotrice est donc égale à la somme des produits, pour chaque partie du circuit magnétique, de la longueur par la force magnétisante correspondant à l'induction magnétique dans cette partie.

On peut évidemment employer les unités C. G. S. pour calculer cette dernière formule ; on a alors

$$4\pi n i^{\text{unités C. G. S.}} = \Sigma \mathfrak{H}^{\text{gauss}} \times l^{\text{centimètres}}.$$

Mais comme le résultat final cherché est le nombre d'ampèretours nécessaires à l'excitation, on mettra la formule sous la forme

$$n i^{\text{ampères}} = \Sigma \frac{10 \mathfrak{H}^{\text{gauss}}}{4\pi} \times l^{\text{centimètres}}.$$

Le nombre ni représente alors le nombre d'ampèretours de l'excitation. Comme la somme des produits des nombres $\frac{10 \mathfrak{H}^{\text{gauss}}}{4\pi}$ par la longueur correspondante exprimée en centimètres représente des ampèretours, on peut dire que chaque nombre $\frac{10 \mathfrak{H}^{\text{gauss}}}{4\pi}$ représente les *ampèretours par centimètre* correspondant à la partie du circuit considérée, ou bien la force magnétisante exprimée en ampèretours par centimètre. Le produit $\frac{10 \mathfrak{H}^{\text{gauss}}}{4\pi} \times l^{\text{centimètres}}$ représentera le nombre d'ampèretours nécessité par la partie du circuit correspondante.

On peut dresser à l'avance une table des valeurs de $\frac{10 \mathfrak{H}^{\text{gauss}}}{4\pi}$, ou $0{,}8\, \mathfrak{H}^{\text{gauss}}$ correspondant aux diverses valeurs usuelles de l'induction magnétique pour les métaux magnétiques les plus employés, fer, fonte ; pour l'air, $\mathfrak{H}$ se confond avec l'induction magnétique $\mathfrak{B}$.

Nous donnons ci-après cette table, calculée par M. Hospitalier [1].

---

1. *L'Industrie électrique.* — 25 février 1892.

570. Table des forces magnétisantes en fonction de l'induction.

INDUCTION magnétique 𝔅 en gauss	FORCE MAGNÉTISANTE en ampèretours par centimètre		
	Air	Fonte	Fer doux
1 000	800	»	»
2 000	1 600	»	»
3 000	2 400	»	»
4 000	3 200	4	»
5 000	4 000	8	1,6
6 000	4 800	17,2	1,95
7 000	5 600	33,6	2,3
8 000	6 400	64,0	2,7
9 000	7 200	101,6	3,2
10 000	8 000	150,4	4,0
11 000	»	233,6	5,2
12 000	»	»	6,8
13 000	»	»	9,6
14 000	»	»	13,6
15 000	»	»	22,8
16 000	»	»	41,6
17 000	»	»	84
18 000	»	»	160
19 000	»	»	280
20 000	»	»	»

571. Joints. — Dans le calcul des forces magnétomotrices, il faut tenir compte des joints existant entre les diverses pièces magnétiques. M. Ewing a étudié cette influence des joints et reconnu qu'un joint équivaut à l'introduction dans le circuit magnétique d'une couche d'air d'épaisseur un peu variable avec l'induction magnétique des pièces qu'il sépare. Voici les résultats obtenus pour des barres de fer et des joints bien ajustés.

INDUCTION magnétique 𝔅 en gauss —	LONGUEUR d'air en cm de même résistance que celle du joint —
4 000	0,0026
6 000	0,0030
8 000	0,0031
10 000	0,0031
12 000	0,0035
14 000	0,0037

Le nombre d'ampèretours correspondant à un joint est donc 0,8 𝔅 × K, K étant une des longueurs du tableau précédent. La valeur moyenne de K pour les inductions généralement employées étant 0,0033, le nombre d'ampèretours pour un joint peut être pris égal à 0,0027 𝔅.

572. Application au moteur étudié. — Nous pouvons maintenant appliquer au moteur qui nous occupe le calcul des forces magnétomotrices tel que nous venons de l'exposer. Nous avons indiqué successivement l'induction magnétique dans les diverses parties du circuit magnétique. La longueur *l* des lignes de force est relevée sur le plan du moteur.

	𝔅	l	$\frac{10\,\mathfrak{H}}{4\pi}$	NOMBRE d'ampèretours.
Noyau de l'électro-aimant.	10 000	12,8	4	51,2
Masses polaires.	10 000	2 × 17	4	136
Joints	10 000	2 × 0,0031	8 000	49,6
Anneau induit	12 300	13	7,6	98,8
Entrefers.	2 610	2 × 0,7	2 088	2 920
NOMBRE TOTAL D'AMPÈRETOURS.				3 255,6

573. Réaction d'induit. — Le nombre d'ampèretours nécessaires à l'excitation serait donc égal à 3 255, si l'on n'avait pas à compter avec la réaction d'induit et l'effet du décalage des balais.

D'après M. M. Hopkinson, pour en tenir compte il faut ajouter à la force magnétomotrice calculée comme précédemment un nombre d'ampèretours égal a $\frac{\alpha}{\pi} N \frac{i_a}{2}$, α étant l'angle de décalage des balais, N le nombre total des spires sur l'induit et i_a le courant total en ampères passant dans l'induit. En appliquant au cas qui nous occupe et prenant $\frac{\alpha}{\pi} = \frac{1}{6}$, ce qui correspond à un angle de décalage de 30°, on trouve pour le nombre d'ampèretours à ajouter 570.

Le nombre d'ampèretours total devra donc être 3 800 en chiffres ronds.

574. Nombre des spires et résistance de l'électro-aimant. — Comme l'intensité du courant inducteur est 8,8 ampères et le nombre d'ampèretours à réaliser 3 800, le nombre des spires de l'électro-aimant sera

$$n = \frac{3\,800}{8{,}8} = 431.$$

Si nous prenons du fil de 2,2 mm de diamètre ou, avec l'isolement de coton, de 2,6 mm, on pourra aisément loger 43 spires sur la longueur du noyau et réserver même aux deux bouts un espace suffisant pour placer entre l'enroulement et les pièces polaires deux lames isolantes. Avec dix couches, on aura 430 spires.

L'épaisseur de l'enroulement sera alors de $2{,}6 \times 10 = 26$ mm. Le noyau enroulé aura donc un diamètre total de $85 + 52$ ou 137 mm. La longueur moyenne d'une spire étant alors 35 cm environ, la longueur des 430 spires sera 151 m.

La résistance du fil inducteur, en prenant toujours 1,80 microhm-centimètre comme résistivité, sera

$$r_g = 0,733 \text{ ohm}.$$

575. Poids approximatifs. — Nous donnons ci-après les poids approximatifs des diverses pièces de l'électromoteur.

Induit	Fer	4,9 kg
	Enroulement	2,2
Électro-aimant	Fer	5,3
	Enroulement	5,2
Masses polaires		20,4
Axes, paliers, coussinets, etc.		5,0
	Poids total	43,0 kg

576. Vérifications. — Le projet de moteur étant établi, il importe de soumettre les divers éléments trouvés ou admis à des vérifications; si elles se font, c'est que le choix des grandeurs prises arbitrairement est convenable; sinon on refait un nouveau projet, après modification appropriée des grandeurs arbitraires. Nous avons supposé exécutés tous les calculs préalables et n'avons conservé que les calculs définitifs. Nous allons cependant soumettre ce projet définitif aux mêmes vérifications que les projets provisoires antérieurs.

Tout d'abord, nous avons admis que 17 °/₀ de la puissance électrique étaient dissipés par l'échauffement des conducteurs de l'induit et de l'inducteur et que, par suite, la chute de potentiel dans ces conducteurs était aussi égale à 17 °/₀ de la différence de potentiel aux bornes.

Nous avons trouvé :

Résistance de l'induit : $r_a = 0,832$ ohm. On en déduit, pour une intensité de courant de 8,8 ampères :

Chute de potentiel dans l'induit . $r_a i = 7,3$ volts ;

Perte de puissance dans l'induit . $r_a i^2 = 64,4$ watts.

On a de plus :

Résistance de l'inducteur. . . . . $r_s = 0{,}733$ ohm ;
Chute de potentiel dans l'inducteur. $r_s i = 6{,}4$ volts ;
Perte de puissance dans l'inducteur. $r_s i^2 = 56{,}8$ watts.

La chute de potentiel totale est donc 13,7 volts, au lieu de 13,6 que nous avons admis ; la force contre-électromotrice sera donc 66,3 volts, au lieu de 66,4 ; la vitesse sera inférieure de $\frac{1}{600}$ environ à celle prévue, variation absolument négligeable.

La perte totale de puissance dans l'induit et l'inducteur est 121,2 watts, c'est-à-dire pour une puissance électrique totale de 710 watts, 17,07 °/₀, chiffre aussi voisin que possible de celui que nous avons prévu.

577. — Nous avons aussi admis un rendement industriel de 0,70 ; nous venons de voir que 17 °/₀ de la puissance électrique sont bien absorbés par l'échauffement des conducteurs ; il restera donc 13 °/₀ pour les courants de Foucault, l'hystérésis et les frottements mécaniques dans le moteur. Nous ne pouvons évaluer ces derniers, puisqu'ils dépendent essentiellement de l'entretien et du graissage de l'axe et de ses coussinets, ni même avec quelque exactitude la perte de puissance par courants de Foucault, de sorte que la vérification du rendement ne pourra se faire que le moteur une fois construit. Cependant, comme nous pouvons calculer assez exactement la puissance absorbée par l'hystérésis, on peut toujours vérifier que cette perte rentre bien dans les limites imposées.

Pour faire le calcul de la perte par hystérésis, on utilise la ule de M. Steinmetz :

$$\frac{W_h}{V} = a\mathfrak{B}^{1,6},$$

dans laquelle W_h est l'énergie en ergs dissipée par hystérésis dans un cycle complet d'aimantation, V le volume du fer en cm³, $\mathfrak{B}$ l'induction magnétique en unités C. G. S. et *a* un coefficient variable avec la qualité du métal magnétique employé. Pour le fer doux, ce coefficient peut être pris égal à 0,002 ; mais nous admettrons ici une valeur double, pour raisonner *a fortiori*.

Le volume du fer de l'induit est égal à 622 cm³ et l'induction magnétique y est égale à 12 300 unités C. G. S. On a donc

$$W_h = 0{,}004 = \overline{12\,300}^{1,6} \times 622 = 8\,703\,600 \text{ ergs}$$

ou

$$W_h = \frac{8\,703\,600}{10^7} = 0{,}870 \text{ joule.}$$

Comme la vitesse est de 1 150 tours par minute, nous aurons 19 cycles décrits par seconde ; l'énergie dépensée par seconde, ou la perte de puissance par hystérésis, sera

$$p_h = 0{,}870 \times 19 = 16{,}5 \text{ watts,}$$

c'est-à-dire un peu plus de 2 °/₀ de la puissance électrique totale. Il restera donc au moins 11 °/₀ pour les courants de Foucault et les frottements mécaniques, ce qui paraît plus que suffisant, si la division du fer de l'induit est bien faite et si le graissage du moteur est convenable.

578. — Il importe aussi de vérifier si le refroidissement de l'induit et de l'inducteur est suffisamment assuré pour que la température n'y devienne pas excessive.

M. Esson a établi que pour les électro-aimants dont l'enroulement ne dépasse pas 7 à 8 cm, l'échauffement en degrés centigrades θ est donné par la formule

$$\theta = \frac{355 \times p_e}{S},$$

dans laquelle p_e est la puissance en watts absorbée par l'échauffement de l'inducteur suivant la loi de Joule et S la surface de rayonnement en cm².

La surface rayonnante de l'électro-aimant unique comprend la surface externe de l'enroulement et les deux faces latérales de l'électro-aimant. Comme le diamètre extérieur est de 13,7 cm et la hauteur enroulée de fil de 12 cm, la surface rayonnante sera de 811 cm². On a donc, pour la température d'échauffement

$$\theta = \frac{355 \times 56,8}{811} = 25^\circ C.$$

Cet échauffement est donc tout à fait admissible ; il conduit à une température de 40° C., si la température ambiante est de 15° C. C'est cette température que nous avons supposée en admettant 1,80 microhm-centimètre pour la résistivité du fil de cuivre.

Pour l'induit, la température d'échauffement est, d'après M. Esson,

$$\theta = \frac{255 p_e}{S},$$

p_e étant toujours la puissance en watts dissipée et S la surface de rayonnement en cm². Cette surface de rayonnement comprend la surface périphérique de l'anneau enroulé et les deux couronnes annulaires sur les deux faces. Le diamètre extérieur de l'anneau enroulé est de 140 mm ; le diamètre intérieur est de 76,8 mm (en tenant compte des quatre rangées de fil superposées à l'intérieur). La longueur axiale de l'induit étant 100 mm, la surface rayonnante sera égale à 439,8 + 2 × 107,7, ou 655 cm². La perte de puissance dans l'induit étant de 64,4 watts, on a

$$\theta = \frac{255 \times 64,4}{655} = 25^\circ C.$$

L'échauffement, de même valeur que celui de l'inducteur, est donc bien encore dans les limites admises.

579. — Calculons maintenant la vitesse périphérique de l'anneau enroulé. Avec un diamètre extérieur de 14 cm et une vitesse angulaire de 1 150 tours par minute, la vitesse périphérique sera de 8,4 m par seconde ; c'est une valeur plus faible que celle généralement admise ; nous avons expliqué le choix de cette vitesse réduite.

580. Remarques. — Le projet de moteur que nous venons d'établir ne saurait prétendre à une précision absolue ; il importe en effet de faire observer que nous avons admis sans vérification deux éléments du problème : la nature du fer employé pour la construction, ou les forces magnétisantes correspondant aux inductions employées, et l'angle de calage des balais. Il est clair qu'une construction réelle d'un moteur devra toujours être précédée d'une étude des propriétés magnétiques des métaux qui doivent le constituer.

D'ailleurs, même en dehors de ces deux points, le moteur établi est loin d'être le seul qui satisfasse aux conditions mécaniques que nous avons posées ; ce n'est même pas probablement le plus avantageux, c'est-à-dire le plus économique et le plus léger. La comparaison des divers projets établis sur les mêmes bases pourrait seule montrer exactement si des modifications apportées au projet que nous venons d'exposer produiraient ou non un effet heureux.

581. — Il est clair, en particulier, qu'on pourrait modifier les dimensions des tôles découpées servant à confectionner le noyau en fer de l'induit, diminuer, par exemple, le diamètre extérieur. Si l'on veut conserver la même vitesse de rotation et le même flux dans l'induit, il faudra conserver aussi le même nombre de spires ; comme le nombre

de spires logées sur la circonférence devient plus faible, il faudra augmenter le nombre des couches de fil et, par suite, la longueur de l'entrefer. Si l'on veut avoir dans l'entrefer la même induction magnétique qu'auparavant, comme l'arc embrassé par les masses polaires aura diminué de longueur, il faudra augmenter la profondeur des masses polaires suivant l'axe de l'induit et, par suite, la longueur de celui-ci. Même avec cet allongement de l'induit, qui peut conduire à une augmentation de poids du fer et du cuivre et à une augmentation de résistance, le nombre d'ampèretours correspondant à l'entrefer sera augmenté proportionnellement à sa longueur et le tableau que nous avons donné (**572**) montre que l'entrefer est de beaucoup la partie du circuit magnétique qui réclame la portion la plus considérable de l'excitation. On sera donc conduit fatalement à augmenter le poids du cuivre sur l'inducteur. A supposer même que l'induit ait diminué de poids, il n'est donc pas certain *a priori* qu'il y ait gain sur le total.

Si, pour conserver la même longueur à l'entrefer, après réduction du diamètre du noyau induit, on consent à une diminution du nombre des spires induites, comme le flux devra être alors augmenté, le nombre d'ampèretours inducteurs devra encore être accru, à moins que la section du fer de l'induit et la surface de champ de l'entrefer ne soient augmentées convenablement.

582. — On peut être tenté d'augmenter le rendement de l'électromoteur en diminuant la résistance du fil induit. On ne peut y parvenir, si on veut conserver le même nombre de spires, qu'en augmentant la section du fil et, par suite, la longueur de l'entrefer, ce qui conduit toujours à une augmentation de l'excitation, et rien ne montre à l'avance si l'on gagnerait à cette modification.

Supposons, par exemple, qu'on porte le diamètre du fil enroulé sur l'induit de 1,2 mm à 1,5 mm. Les sections étant respectivement 1,13 mm^2 et 1,76 mm^2, la résistance du fil

induit sera réduite de 0,832 à 0,534 ohm, et la perte de puissance de 64,4 à 41,4 watts.

Mais chaque entrefer ayant été augmenté de $0,3 \times 3 = 0,9$ mm, on voit, en se reportant au tableau donné précédemment, que le nombre d'ampèretours supplémentaire devra être

$$2\,088 \times 2 \times 0,09 = 376.$$

Le nombre des spires inductrices devra être augmenté de $\frac{376}{8,8} = 43$. Comme chaque spire supplémentaire a un diamètre de 13,7 cm, la longueur du fil ajouté sur l'inducteur sera 18,5 m, et sa résistance 0,09 ohm. La résistance du fil inducteur sera donc portée de 0,733 à 0,823 ohm et la perte de puissance de 56,8 à 63,7 watts.

La perte totale sera donc réduite de 121 à 105 watts, c'est-à-dire qu'elle passera de 17 °/₀ à 14,8 °/₀ de la puissance électrique totale. Il y aura donc un gain appréciable au point de vue du rendement, dans le cas présent. Dans d'autres circonstances, il pourrait y avoir désavantage. Il faut songer cependant que cette augmentation de 2,2 °/₀ dans le rendement n'est acquise, comme toujours, qu'au détriment du poids. Il est facile de voir que l'augmentation totale du poids du cuivre, tant sur l'induit que sur l'inducteur, sera de 1,7 kg, c'est-à-dire 22 °/₀ du poids primitif du cuivre.

583. — Une augmentation du diamètre du fil inducteur, le nombre des spires restant le même, conduira toujours à une majoration du rendement. Mais, outre que le poids du cuivre employé à la construction pourra être considérablement augmenté, on pourra être amené, pour loger le fil plus gros, à augmenter la longueur du noyau de l'électro-aimant, et, par suite, le poids du fer.

Nous n'avons donné ces quelques exemples que pour montrer comment la période préparatoire de l'établissement

d'un projet de moteur électrique peut entraîner de longs tâtonnements, si l'on désire faire non pas un moteur quelconque, mais un moteur présentant quelque avantage particulier, d'économie ou de poids, par exemple.

584. Variations du moment résistant. — Nous avons jusqu'à présent laissé de côté les variations admises pour le moment résistant appliqué au moteur; nous devons examiner si le moteur, tel que nous l'avons projeté, peut supporter ces variations.

Nous avons dit que le moment résistant peut prendre des valeurs comprises entre 8 et 12 kgm, le moment moyen étant égal à 10 kgm.

Une diminution du moment résistant amènera une augmentation de la vitesse; mais nous avons admis pour celle-ci une valeur assez faible pour que rien ne soit à craindre de ce côté; en même temps, le courant passant dans le moteur diminuera, ce qui ne peut que rendre meilleures les conditions de fonctionnement, au point de vue de l'échauffement.

Au contraire, l'augmentation du moment résistant amène une diminution de la vitesse et une augmentation du courant et il faut examiner si celle-ci n'est pas exagérée; car nous supposons que l'électromoteur peut être appelé à fonctionner pendant quelque temps avec cet accroissement de charge.

En admettant que le flux de force demeure invariable et que le moment résistant parasite soit négligeable, comme le moment moteur est proportionnel au produit du flux par le courant, celui-ci devrait croître comme le moment résistant utile et, puisque à un moment de 10 kgm correspond une intensité de 8,8 ampères, un moment de 12 kgm exigerait une intensité de 10,56 ampères.

Mais le flux augmente en même temps que le courant; de plus, la portion du moment parasite relative aux courants de Foucault diminue quand la vitesse diminue (**I, 50**); par suite, le courant n'atteindra même pas 10 ampères.

La résistance du fil inducteur, par exemple, étant 0,733 ohm, la perte de puissance sera tout au plus 73,3 watts et l'échauffement (**578**)

$$\theta = \frac{355 \times 73,3}{811} = 32°C.,$$

ce qui n'a rien d'exagéré.

585. — Au démarrage, le moment résistant utile peut et doit prendre une valeur bien supérieure au moment résistant moyen. Le courant maximum qui passera dans le moteur immobilisé sera, avec une différence de potentiel aux bornes de 80 volts et une résistance totale de 0,832 + 0,733 = 1,565 ohm,

$$i_m = \frac{80}{1,565} = 51 \text{ ampères.}$$

Le moment moteur sera donc au moins multiplié par 6; or le moment résistant au démarrage ne sera certainement pas augmenté dans cette proportion. Le moteur démarrera toujours, et même il sera possible d'introduire dans le circuit un rhéostat de démarrage pour réduire le courant. Rappelons d'ailleurs que le démarrage ne durant qu'un temps très faible, il n'y a pas à s'inquiéter outre mesure de l'exagération momentanée du courant.

586. Modifications apportées par l'excitation en dérivation. — Nous pouvons maintenant étudier quelles modifications entraînerait dans l'électromoteur la substitution de l'excitation en dérivation à l'excitation en série actuellement prévue.

Nous supposerons que, conservant le même induit, on enroule l'électro-aimant avec un fil en dérivation entre les bornes du moteur, de manière à obtenir le même nombre d'ampèretours qu'auparavant, c'est-à-dire 3 800.

Quelle sera l'intensité du courant inducteur en dérivation ? Elle dépendra évidemment de la perte de puissance consentie pour l'échauffement du fil inducteur.

Admettons la même perte que pour le moteur en série, c'est-à-dire 56,8 watts. En désignant par i_d le courant dérivé inducteur, par D la différence de potentiel aux bornes et par p_e la perte de puissance par échauffement de l'inducteur, on a

$$p_e = \mathrm{D} i_d.$$

On tire de là, pour D = 80 volts,

$$i_d = \frac{56,8}{80} = 0,71 \text{ ampère.}$$

D'autre part, en désignant par r_d la résistance du fil inducteur, on a

$$i_d = \frac{\mathrm{D}}{r_d};$$

on en déduit

$$r_d = \frac{80}{0,71} = 112,6 \text{ ohms.}$$

Le nombre des ampèretours à réaliser étant 3 800 et l'intensité du courant 0,71 ampère, le nombre n' des spires inductrices doit être

$$n' = \frac{3\,800}{0,71} = 5\,352.$$

Employons du fil de 0,7 mm de diamètre, pour lequel une seule couche de coton de 0,1 mm pourra à la rigueur suffire, ce qui donne un diamètre total de 0,9 mm.

Sur la longueur disponible de 120 mm du noyau de l'électro-aimant, on peut placer 133 spires ; il faudra donc 40 couches pour obtenir le nombre de spires nécessaire.

L'épaisseur de l'enroulement sera donc $40 \times 0,9$ ou 36 mm ; cette épaisseur est plus grande que celle de l'en-

roulement en série, malgré la réduction de l'isolant, mais n'a rien d'excessif.

La longueur moyenne d'une spire est alors 38 cm et la longueur totale 2 034 m. Pour une résistivité de 1,85 microhm-centimètre, la résistance de ce fil inducteur sera égale à 97,6 ohms. Pour compléter la résistance nécessaire de 112,6 ohms, on introduira un rhéostat d'excitation qui pourra être utilisé pour le réglage de l'électromoteur.

587. — Voyons maintenant si les conditions de fonctionnement de l'électromoteur ainsi modifié seront les mêmes que celles du moteur primitif excité en série.

On a donné la même valeur à l'éxcitation des inducteurs, et, par conséquent, au flux passant dans l'induit ; par suite, si l'induit tourne à la même vitesse de 1 150 tours que précédemment, la force contre-électromotrice sera la même, ou 66,4 volts. L'intensité du courant dans l'induit i_a sera, dès lors, pour la différence de potentiel de 80 volts et une résistance d'induit de 0,832 ohm :

$$i_a = \frac{80 - 66,4}{0,832} = 16,3 \text{ ampères.}$$

L'intensité dans l'induit ayant une valeur sensiblement double de celle admise pour le moteur en série et le flux inducteur étant sensiblement identique (si on ne tient pas compte de l'augmentation de la réaction d'induit), le moment moteur sera approximativement double. Par conséquent, avec le même moment résistant qu'auparavant, 10 kgm, l'équilibre ne pourra plus avoir lieu à 1 150 tours ; la vitesse augmentera donc jusqu'à ce que, la force contre-électromotrice augmentant elle-même, l'intensité du courant dans l'induit ait diminué et ramené le moment moteur à la valeur qui fait équilibre au moment résistant ; l'intensité du courant devra être, au moment de l'équilibre, un peu plus grande que l'intensité correspondant au moteur en série

(8,8 ampères), puisque, la vitesse étant plus grande, le moment résistant parasite a lui-même augmenté et nécessite un moment moteur d'équilibre un peu plus grand.

En admettant que l'intensité du courant dans l'induit soit 9,5 ampères au moment de l'équilibre, la chute de potentiel dans l'induit étant alors $9{,}5 \times 0{,}832$, la force contre-électromotrice e du moteur sera

$$e = 80 - 9{,}5 \times 0{,}832 = 72{,}1 \text{ volts.}$$

A une force contre-électromotrice de 66,4 volts correspond une vitesse de 1 150 tours ; à une force contre-électromotrice de 72,1 volts correspondra une vitesse de 1 250 tours environ. La puissance mécanique développée par le treuil deviendra 36,3 kgm/s, au lieu de 33 kgm/s.

Le treuil est donc un peu plus puissant ; mais l'énergie électrique qu'il consomme est aussi un peu plus grande, puisque le courant dans l'induit est augmenté et qu'il faut encore y ajouter le courant inducteur. De plus, le poids du cuivre inducteur et son prix, par suite, ont été eux-mêmes majorés.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SECOND

CHAPITRE PREMIER

DIVERS MODES DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE A BORD DES NAVIRES ;
AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

CHAPITRE II

VENTILATEURS ÉLECTRIQUES



CHAPITRE III

POMPES ÉLECTRIQUES

CHAPITRE IV

APPAREILS ÉLECTRIQUES DE LEVAGE

§ 1. Classification des appareils de levage électriques employés à bord des navires.

§ 2. Monte-charges électriques pour munitions.

II. — Commande par relais, système Bréguet.

III. — Treuils à munitions Couffinhal.

IV. — Commande des treuils à munitions par le système du déclenchement.

§ 3. *Escarbilleurs.*

§ 4. *Treuils électriques d'embarcation.*

§ 5. *Cabestans électriques.*

CHAPITRE V

POINTAGE ÉLECTRIQUE DES CANONS

Pointage des canons, système des Forges et Chantiers de la Méditerranée et de la maison Sautter et Harlé.

Pointage des canons, système de la maison Bréguet.

CHAPITRE VI

ASSERVISSEMENT DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

CHAPITRE VII

COMMANDE ÉLECTRIQUE DES PROJECTEURS A DISTANCE

CHAPITRE VIII

MANŒUVRE OU COMMANDE ÉLECTRIQUE DU GOUVERNAIL

CHAPITRE IX

NAVIGATION ÉLECTRIQUE

Canotage électrique.

Bateaux électriques de grandes et moyennes dimensions.

Navigation électrique sous-marine.

CHAPITRE X

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE DANS LES ATELIERS

CHAPITRE XI

ÉTABLISSEMENT D'UN PROJET DE MOTEUR ÉLECTRIQUE

Projet de moteur électrique pour treuil.

Nancy, impr. Berger-Levrault et Cie.



89089712368
B89089712368A

